



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

**Seguimiento de actividad física en pacientes con EPOC
mediante relojes inteligentes**

**Monitoring physical activity in patients with COPD
using smartwatches**

Celeste Luis Díaz

La Laguna, 8 de julio de 2024

D. **Sergio Díaz González**, profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutor

D. **Jesús Miguel Torres Jorge**, profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como cotutor

C E R T I F I C A (N)

Que la presente memoria titulada:

“Seguimiento de actividad física en pacientes con EPOC mediante relojes inteligentes”

ha sido realizada bajo su dirección por Dña. **Celeste Luis Díaz**.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 7 de julio de 2024

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas y organizaciones que han hecho posible la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

En primer lugar, deseo agradecer al Servicio Canario de Salud por su colaboración y apoyo en este proyecto. Su compromiso y disposición para facilitarme el acceso a los recursos y datos necesarios han sido fundamentales para el éxito de este estudio.

Agradezco especialmente a mi tutor, Sergio Díaz González y mi cotutor, Jesus Miguel Torres Jorge, por su orientación y valiosos consejos a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y conocimientos han sido una guía indispensable para llevar a buen término este trabajo.

A mis profesores y compañeros de la Universidad de La Laguna por su constante apoyo y colaboración. Sus comentarios y sugerencias han enriquecido significativamente este proyecto.

Quisiera también agradecer a los pacientes que participaron en este estudio, por su disposición y cooperación al utilizar los relojes inteligentes y proporcionar los datos necesarios para el análisis. Su contribución ha sido vital para demostrar la viabilidad y beneficios de este proyecto.

A mi familia y amigos, por su incondicional apoyo y comprensión durante todos estos meses de trabajo. Su ánimo y motivación han sido una fuente constante de inspiración y energía.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas y entidades no mencionadas explícitamente aquí, pero que de una u otra manera han aportado a la realización de este trabajo.

A todos ustedes, gracias.

Licencia

* Si NO quiere permitir que se compartan las adaptaciones de tu obra y NO quieres permitir usos comerciales de tu obra indica:



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

* Si quiere permitir que se compartan las adaptaciones de tu obra mientras se comparta de la misma manera y NO quieres permitir usos comerciales de tu obra indica:



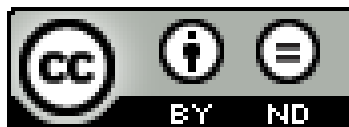
© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

* Si quiere permitir que se compartan las adaptaciones de tu obra y NO quieres permitir usos comerciales de tu obra indica:



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

*Si NO quiere permitir que se compartan las adaptaciones de tu obra y quieres permitir usos comerciales de tu obra indica:



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

* Si quiere permitir que se compartan las adaptaciones de tu obra mientras se comparta de la misma manera y quieres permitir usos comerciales de tu obra (licencia de Cultura Libre) indica:

© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual 4.0



Internacional.

* Si quiere permitir que se compartan las adaptaciones de tu obra y quieres permitir usos comerciales de tu obra (licencia de Cultura Libre) indica:



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado se ha realizado en colaboración con el Servicio Canario de Salud y se centra en el estudio de la actividad física de pacientes diagnosticados con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) mediante el uso de relojes inteligentes. El objetivo principal es proporcionar a los especialistas sanitarios herramientas efectivas para el seguimiento de sus pacientes.

Para ello, se ha desarrollado una página web en JavaScript que permite la gestión de una lista de usuarios con sus datos clínicos correspondientes. Además, se han implementado cuadros de mando utilizando PowerBI donde se visualizan datos relevantes como pasos, distancia recorrida y ritmo cardíaco, permitiendo un seguimiento en tiempo real de la actividad física de los pacientes.

El proceso incluyó la adquisición, configuración y entrega de relojes inteligentes a los pacientes, así como la recopilación y análisis de los datos generados. Los resultados muestran cómo estas herramientas pueden mejorar la monitorización de la actividad física en pacientes con EPOC, proporcionando datos valiosos para la práctica clínica.

Este proyecto no solo demuestra la viabilidad técnica de utilizar dispositivos portátiles para el seguimiento de enfermedades crónicas, sino que también destaca el potencial impacto positivo en la calidad de vida de los pacientes y en la eficiencia del cuidado de la salud. La integración de la ingeniería informática en el terreno sanitario subraya el potencial de esta colaboración para generar soluciones innovadoras que mejoren significativamente los servicios de salud y la atención al paciente.

Abstract

This Final Degree Project was carried out in collaboration with the Canary Islands Health Service and focuses on studying the physical activity of patients diagnosed with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) using smartwatches. The main objective was to provide healthcare specialists with effective tools for monitoring their patients.

To achieve this, we developed a JavaScript-based web application to manage a list of users along with their corresponding clinical data. Additionally, we implemented dashboards using Power BI to visualize relevant data such as steps taken, distance traveled, and heart rate, allowing for real-time monitoring of patients' physical activity.

The process included the acquisition, configuration, and distribution of smartwatches to patients, as well as the collection and analysis of the generated data. The results demonstrated how these tools can enhance the monitoring of physical activity in COPD patients, providing valuable data for clinical practice. This project not only demonstrated the technical feasibility of using wearable devices for monitoring chronic diseases but also highlighted the potential positive impact on patients' quality of life and the efficiency of healthcare delivery. The integration of computer engineering into the healthcare field underscored the potential of this collaboration to generate innovative solutions that significantly improve health services and patient care.

Índice general

1	Introducción	10
1.1	Explicación del Trabajo de Fin de Grado.....	10
1.1.1	Descripción general del proyecto.....	10
1.1.2	Objetivos principales	10
1.1.3	Importancia y relevancia del estudio.....	11
1.2	Servicio Canario de Salud	11
1.2.1	Breve historia y misión del Servicio Canario de Salud.....	11
1.3	Antecedentes.....	12
1.3.1	Estado actual de la investigación en el uso de tecnología para el monitoreo de las EPOC	12
1.3.2	Estudios previos relevantes y conclusiones	12
1.4	Justificación del estudio	13
1.4.1	Impacto potencial del estudio en la práctica clínica y en la calidad de vida de los pacientes	13
1.5	Metodología	15
1.5.1	Herramientas utilizadas	15
1.5.2	Proceso de recopilación y análisis de datos	15
2	Relojes inteligentes	16
2.1	Datos relevantes sobre los relojes.....	16
2.1.1	Descripción de los relojes inteligentes utilizados	16
2.1.2	Capacidades y métricas relevantes para el estudio.....	17
2.1.3	Ventajas y limitaciones del uso de relojes inteligentes en la monitorización de pacientes con EPOC	17
2.2	Configuración.....	17
2.2.1	Proceso de configuración inicial	17
2.2.2	Ajustes personalizados para la recogida de datos	18
2.3	Entrega.....	18
2.3.1	Fecha y lugar de entrega de los dispositivos.....	18
2.3.2	Instrucciones proporcionadas para la correcta utilización y extracción de datos	18
2.4	Circular entregada a cada paciente para realizar el estudio.....	20
3	Implementación de EPOC Data Tracker	21
3.1	Descripción general de la aplicación.....	21
3.2	Análisis y requisitos	21
3.2.1	Análisis de necesidades	21
3.2.2	Requisitos funcionales.....	22
3.2.3	Requisitos no funcionales	22
4	Diseño e implementación.....	23
4.1	Diagrama de arquitectura general.....	23
4.2	Diseño del backend.....	23
4.2.1	Tecnologías utilizadas.....	23
4.2.2	Estructura del proyecto	24
4.2.3	Base de datos.....	25
4.2.4	API RESTful.....	26
4.2.5	Autenticación y autorización	28
4.3	Diseño del frontend	28
4.3.1	Tecnologías utilizadas.....	28
4.3.2	Estilos y diseño	28
4.3.3	Interacción con el backend	28

4.3.4	Estructura del proyecto	29
4.3.5	Vistas de la aplicación	30
4.3.6	Consideraciones sobre la actualización de datos de actividad física de los pacientes	34
4.4	Power BI	34
4.4.1	Creación de los cuadros de mando con Power BI.....	34
4.4.2	Preguntas clave y justificación de la creación del cuadro de mandos.....	34
5	Cronograma y presupuesto.....	38
5.1.1	Presupuesto detallado del proyecto	39
6	Conclusiones y líneas futuras.....	41
6.1	Líneas futuras.....	41
7	Summary and conclusions.....	41
8	Referencias	43

Índice de figuras

Figura 1 - Diagrama del desarrollo.....	16
Figura 2 - Circular para los pacientes.....	20
Figura 3 - Diagrama general del proyecto.....	23
Figura 4 - Estructura del backend.....	24
Figura 5 - Diagrama entidad-relación MySQL	25
Figura 6 - Estructura del frontend	29
Figura 7 - Cuadro de mandos 1. Actividad física	35
Figura 8 - Cuadro de mandos. Ritmo cardiaco.....	36
Figura 9 - Cuadro de mandos. Estudio entre pacientes	37
Figura 10 - Cronograma de las primeras 6 semanas.....	38
Figura 11 - Cronograma últimas 6 semanas	38

Índice de tablas

Tabla 1 - Impacto potencial en la práctica clínica	14
Tabla 2 - Transformación de la relación paciente-sistema de salud	14
Tabla 3 - Mejora de la calidad de vida.....	14
Tabla 4 - Requisitos funcionales.....	22
Tabla 5 - Requisitos no funcionales.....	22
Tabla 6 - Justificación de la relación de tablas	25
Tabla 7 - Endpoints backend.....	27
Tabla 8 - Vistas de la aplicación	33
Tabla 9 - Presupuesto del proyecto.....	40

1 Introducción

1.1 Explicación del Trabajo de Fin de Grado

1.1.1 Descripción general del proyecto

Este Trabajo de Fin de Grado se ha llevado a cabo en colaboración con el Servicio Canario de Salud y tiene como foco el estudio de la actividad física en pacientes diagnosticados con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) utilizando tecnología de relojes inteligentes. La EPOC es una enfermedad crónica que afecta la capacidad respiratoria de los pacientes y puede limitar significativamente su actividad física diaria. En este contexto, la monitorización continua y precisa de la actividad física es crucial para gestionar y mejorar la calidad de vida de estos pacientes (J.Fernández Guerra, F. Marín Sánchez, J.M. García Jiménez, 2018).

El proyecto incluye el uso de relojes inteligentes para recopilar datos sobre la actividad física de los pacientes, como los pasos diarios, la distancia recorrida y el ritmo cardíaco. Estos datos son esenciales para proporcionar a los especialistas sanitarios herramientas efectivas para el seguimiento y la toma de decisiones clínicas en tiempo real. La información obtenida de los relojes inteligentes complementa los datos clínicos tradicionales obtenidos en el ámbito médico, ofreciendo una visión más completa y detallada del estado de salud y la actividad diaria de los pacientes. Esta integración de datos tecnológicos y médicos permite una gestión integral y personalizada de la EPOC, optimizando tanto el tratamiento como la monitorización continua de los pacientes.

1.1.2 Objetivos principales

El estudio tiene como primer objetivo evaluar la efectividad de los relojes inteligentes en la monitorización de la actividad física de los pacientes con EPOC. Nos proponemos responder a las siguientes preguntas: ¿Cómo puede la monitorización continua de la actividad física mejorar la gestión clínica de los pacientes con EPOC? ¿Qué patrones de actividad física se pueden identificar que no son detectados por métodos tradicionales? ¿En qué medida pueden estos datos en tiempo real ayudar a ajustar los tratamientos y mejorar los resultados de salud a largo plazo?

Al recopilar datos precisos y continuos sobre la actividad diaria, se busca proporcionar a los especialistas sanitarios una visión detallada y exacta del estado físico de los pacientes, permitiendo ajustes más precisos en los tratamientos y recomendaciones personalizadas. Además, se pretende investigar el impacto de esta tecnología en la práctica clínica y en la gestión de la EPOC. Al ofrecer datos en tiempo real sobre la actividad física, los relojes inteligentes pueden ayudar a identificar patrones y tendencias que pueden pasar desapercibidos con métodos tradicionales. Esto facilita diagnósticos más precisos y oportunidades para intervenciones tempranas y personalizadas, mejorando así los resultados de salud a largo plazo.

Asimismo, se busca explorar cómo la monitorización continua puede influir en la calidad de vida de los pacientes. La EPOC puede limitar la movilidad y la actividad diaria, impactando negativamente en la calidad de vida. Al utilizar relojes inteligentes para monitorear y motivar la actividad física, se espera que los pacientes aumenten su conciencia sobre su nivel de actividad, fomentando un estilo de vida más activo y saludable.

Finalmente, este estudio tiene como finalidad demostrar la viabilidad técnica y práctica de integrar tecnologías avanzadas de monitoreo en la atención sanitaria. La implementación exitosa de relojes inteligentes y herramientas de análisis de datos puede servir como modelo para futuras investigaciones y aplicaciones en otras áreas de la medicina. Este enfoque innovador tiene el potencial de transformar la gestión de enfermedades crónicas, promoviendo una atención más eficiente, personalizada y centrada en el paciente.

1.1.3 Importancia y relevancia del estudio

La EPOC es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial y representa una carga significativa tanto para los pacientes como para los sistemas de salud. El manejo adecuado de esta enfermedad requiere una monitorización continua de la actividad física de los pacientes, ya que el nivel de actividad física está directamente relacionado con la progresión de la enfermedad y la calidad de vida del paciente.

El uso de relojes inteligentes para la monitorización de la actividad física ofrece varias ventajas, como la capacidad de recopilar datos de manera continua y en tiempo real, lo que permite a los especialistas sanitarios obtener una visión más precisa del estado del paciente. Este estudio demuestra la viabilidad técnica de esta solución y subraya su potencial para mejorar significativamente la gestión clínica de los pacientes con EPOC.

Además, este proyecto destaca la importancia de la colaboración entre la ingeniería informática y el sector sanitario. La integración de tecnologías avanzadas en la práctica clínica no solo optimiza la atención al paciente, sino que también abre nuevas vías para la investigación y el desarrollo de soluciones innovadoras en salud. En última instancia, este TFG tiene el potencial de influir positivamente en la calidad de vida de los pacientes y en la eficiencia del sistema de salud, proporcionando un modelo replicable para otras condiciones crónicas y escenarios clínicos.

1.2 Servicio Canario de Salud

1.2.1 Breve historia y misión del Servicio Canario de Salud

El [Servicio Canario de Salud \(SCS\)](#) fue creado en 1985 como un organismo autónomo adscrito a la Consejería de Sanidad del Gobierno de Canarias. Desde entonces, ha evolucionado para convertirse en el principal proveedor de servicios sanitarios en la región. Su creación surgió de la necesidad de centralizar la gestión y coordinación de los recursos sanitarios en un archipiélago con características geográficas y demográficas únicas.

A lo largo de los años, el SCS ha ampliado y mejorado sus servicios para satisfacer las necesidades de la población canaria. Ha desarrollado una extensa red de atención primaria, que incluye centros de salud y consultorios locales, para proporcionar atención médica básica y preventiva en toda la comunidad. Además, el SCS gestiona una variedad de hospitales, centros de especialidades y servicios de urgencias para garantizar una atención integral y de calidad a los residentes y visitantes de las islas.

El SCS también desempeña un papel importante en la promoción de la salud y la prevención de enfermedades a través de programas y campañas específicas. Desde la

prevención de enfermedades crónicas hasta la promoción de estilos de vida saludables, el SCS trabaja para mejorar la salud y el bienestar de la población canaria en su conjunto.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Estado actual de la investigación en el uso de tecnología para el monitoreo de las EPOC

El uso de tecnologías avanzadas para el monitoreo de enfermedades crónicas, incluyendo la EPOC, ha ganado considerable atención en los últimos años. A nivel global, se han realizado múltiples estudios que demuestran la eficacia de los dispositivos portátiles y las aplicaciones móviles en la monitorización de la salud respiratoria. Estas tecnologías permiten una monitorización continua y en tiempo real de diversas métricas de salud, ofreciendo datos valiosos que pueden ayudar a los médicos a personalizar los tratamientos y mejorar la gestión de la enfermedad.

En el contexto específico de la EPOC, los dispositivos como relojes inteligentes y pulseras de actividad se utilizan para registrar parámetros como la actividad física, el ritmo cardíaco, y la calidad del sueño. Estos datos pueden correlacionarse con la función pulmonar y los síntomas reportados por los pacientes, proporcionando una visión más completa del estado de salud del paciente. Además, las aplicaciones móviles conectadas a estos dispositivos pueden enviar alertas y recordatorios a los pacientes, fomentando un mayor cumplimiento del tratamiento y un estilo de vida más saludable.

En Canarias, aunque la adopción de estas tecnologías es aún incipiente, hay un creciente interés en su potencial para mejorar la atención de los pacientes con EPOC. La región, con su población dispersa y su sistema de salud descentralizado, presenta un escenario ideal para la implementación de soluciones tecnológicas que faciliten el monitoreo remoto y la atención personalizada.

1.3.2 Estudios previos relevantes y conclusiones

En el ámbito de la salud, la implementación de tecnologías portátiles, como relojes inteligentes, ha mostrado un potencial significativo para mejorar el seguimiento y manejo de los pacientes. En España, un notable ejemplo de este enfoque es el programa piloto [PRIME](#) (Perioperative Remote Individualized Monitoring programmE), desarrollado por el Hospital Universitario y Politécnico La Fe en Valencia. Este programa, anunciado en la página web del hospital, se centra en la monitorización remota de pacientes que deben someterse a intervenciones quirúrgicas.

El proyecto PRIME es fruto de la colaboración entre la unidad de Medicina Perioperatoria del servicio de Anestesiología y Reanimación, la unidad de Hospitalización Domiciliaria y la subdirección de Sistemas de la Información. El programa incluye a pacientes de cirugía abdominal mayor, quienes deben cumplir con al menos tres semanas de prehabilitación antes de la cirugía. Este proceso contempla indicaciones individualizadas sobre actividad física, pautas de sueño, corrección de anemia, y soporte nutricional y emocional.

El smartwatch utilizado en el programa registra de forma continua variables biomédicas como la frecuencia cardíaca y respiratoria, y permite realizar electrocardiogramas de

forma remota, garantizando la seguridad del programa. Toda la información recopilada se visualiza en el teléfono móvil del paciente y se envía a su historia clínica, permitiendo al equipo multidisciplinar realizar un seguimiento y ajustes necesarios. Además, se continúa la monitorización del paciente durante un mes después de la operación para evaluar y optimizar su recuperación.

La información recopilada no solo facilita el seguimiento clínico, sino que también permite la minería de datos, desarrollando algoritmos para determinar el mejor momento para operar, evaluar la recuperación del paciente y anticipar posibles complicaciones postoperatorias.

Este programa representa el único estudio a nivel nacional que utiliza relojes inteligentes en un entorno médico de manera tan integral, demostrando el potencial de estas tecnologías para transformar la atención sanitaria en España.

Se podría decir que la investigación existente tanto a nivel global como local sugiere que las tecnologías portátiles y las aplicaciones móviles pueden desempeñar un papel crucial en la mejora de la gestión de la EPOC. Estos estudios respaldan la idea de que el monitoreo continuo y remoto puede proporcionar datos valiosos que mejoren la calidad de vida de los pacientes y la eficiencia de los sistemas de salud. A nivel de Canarias, aunque se necesita más investigación y desarrollo, los proyectos actuales indican un futuro prometedor para la integración de estas tecnologías en la atención sanitaria.

1.4 Justificación del estudio

1.4.1 Impacto potencial del estudio en la práctica clínica y en la calidad de vida de los pacientes

La justificación de este estudio radica en su potencial para revolucionar la práctica clínica y mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes diagnosticados con EPOC. La EPOC es una enfermedad crónica que limita la función respiratoria y afecta gravemente la actividad diaria de los pacientes, lo que se traduce en una disminución de la calidad de vida y un aumento de las hospitalizaciones y la mortalidad. La introducción de tecnologías avanzadas como los relojes inteligentes en el monitoreo de esta enfermedad presenta una oportunidad única para abordar estos desafíos de manera más eficaz.

Impacto potencial en la práctica clínica	
Monitoreo continuo y detallado	La recopilación continua de datos precisos sobre la actividad física, el ritmo cardíaco y la calidad del sueño permite a los médicos obtener una visión más completa y detallada del estado de salud de sus pacientes.
Seguimiento y ajuste de tratamientos	Esto facilita un seguimiento más preciso y personalizado, permitiendo ajustes en el tratamiento en función de datos objetivos y en tiempo real.
Identificación de patrones y tendencias	Los especialistas pueden identificar patrones y tendencias que podrían no ser evidentes a través de métodos tradicionales, lo que posibilita intervenciones más tempranas y mejor dirigidas.
Mejora de la toma de decisiones clínicas	Esta capacidad de monitoreo continuo y detallado puede mejorar la toma de decisiones clínicas, reduciendo las tasas de exacerbaciones y hospitalizaciones, y optimizando el uso de los recursos sanitarios.

Tabla 1 - Impacto potencial en la práctica clínica

Transformación de la relación paciente-sistema de salud	
Empoderamiento del paciente	Al utilizar relojes inteligentes, los pacientes pueden participar de manera más activa en la gestión de su enfermedad. La retroalimentación en tiempo real sobre su actividad física y otros parámetros de salud puede motivar a los pacientes a adoptar hábitos más saludables y adherirse mejor a las recomendaciones médicas.
Bienestar emocional	Este empoderamiento del paciente no solo mejora su bienestar físico, sino también su bienestar emocional, al reducir la ansiedad y el estrés asociados con la enfermedad crónica.

Tabla 2 - Transformación de la relación paciente-sistema de salud

Mejora de la calidad de vida	
Estilo de vida activo y saludable	Al fomentar un estilo de vida más activo y saludable, los relojes inteligentes pueden ayudar a los pacientes a mantener una mayor movilidad y funcionalidad, lo que es crucial para su independencia y calidad de vida.
Monitoreo de diversos aspectos de la vida diaria	La capacidad de monitorizar el sueño y otros parámetros puede proporcionar una mejor comprensión de cómo la EPOC afecta diversos aspectos de la vida diaria, permitiendo intervenciones más eficaces.

Tabla 3 - Mejora de la calidad de vida

1.5 Metodología

1.5.1 Herramientas utilizadas

Para llevar a cabo este estudio, se ha utilizado una variedad de herramientas tecnológicas que permitieron la recopilación, almacenamiento, análisis y visualización de datos de manera eficiente.

- **MySQL:** Se empleó MySQL como sistema de gestión de bases de datos para almacenar toda la información relacionada con los usuarios y sus datos clínicos. MySQL es una base de datos relacional que permite gestionar grandes volúmenes de datos de manera segura y eficiente, facilitando el acceso y la consulta de información necesaria para el seguimiento de los pacientes.
- **JavaScript y Vue.js:** Para el desarrollo de la página web, se utilizó JavaScript, con el framework Vue.js para la parte del frontend. Vue.js es conocido por su facilidad de integración y su capacidad para crear interfaces de usuario reactivas y dinámicas. Este framework permitió desarrollar una plataforma web interactiva donde se gestionan los datos de los pacientes y se visualizan de manera clara y accesible.
- **Hojas de cálculo de Google:** Los datos de actividad física de los pacientes se almacenaron en la nube utilizando Hojas de cálculo de Google. Esta herramienta facilita el acceso y la actualización de los datos en tiempo real, permitiendo a los investigadores colaborar y analizar la información de manera eficiente.
- **PowerBI:** Esta herramienta permite integrar y visualizar datos de múltiples fuentes, proporcionando indicadores valiosos y facilitando la toma de decisiones basada en datos. Los dashboards creados en PowerBI muestran de manera clara y comprensible las métricas relevantes, como los pasos diarios, la distancia recorrida, el ritmo cardíaco y otros datos de actividad física de los pacientes.
- **Power Query:** Integrada en Power BI, Power Query se utilizó para la conexión, transformación y combinación de datos de diversas fuentes, facilitando la preparación y el análisis de datos de manera eficiente.

1.5.2 Proceso de recopilación y análisis de datos

El proceso de recopilación y análisis de datos comenzó con la configuración de los relojes inteligentes adquiridos por el Servicio Canario de Salud. Estos dispositivos, específicos para el estudio, fueron preparados y sincronizados con el software necesario para garantizar la correcta recolección de datos.

Posteriormente, se convocó a los pacientes diagnosticados con EPOC a una cita médica donde se les explicó detalladamente el proyecto y los objetivos del estudio. Durante esta reunión, se les entregaron los relojes inteligentes y se les ayudó a instalar el software Zepp (Aplicación de Amazfit para sincronizar sus datos de actividad en la nube) en sus dispositivos móviles. Además, se les proporcionó una circular informativa que detallaba el uso del reloj y el propósito del estudio, asegurando que comprendieran la importancia de su participación y el manejo del dispositivo.

El seguimiento de los pacientes se realizó desde el 24 de abril de 2024 hasta el 7 de junio de 2024. Durante este periodo, los relojes inteligentes registraron continuamente datos de actividad física, que han sido volcados en las Hojas de cálculo de Google para su

almacenamiento en la nube. Estos datos incluían información sobre los pasos diarios, la distancia recorrida y las pulsaciones.

Una vez finalizado el periodo de seguimiento, los datos recopilados han sido analizados y visualizados utilizando PowerBI. Se crearon gráficos y cuadros de mando que permiten a los especialistas sanitarios observar y evaluar las métricas de actividad física de los pacientes.

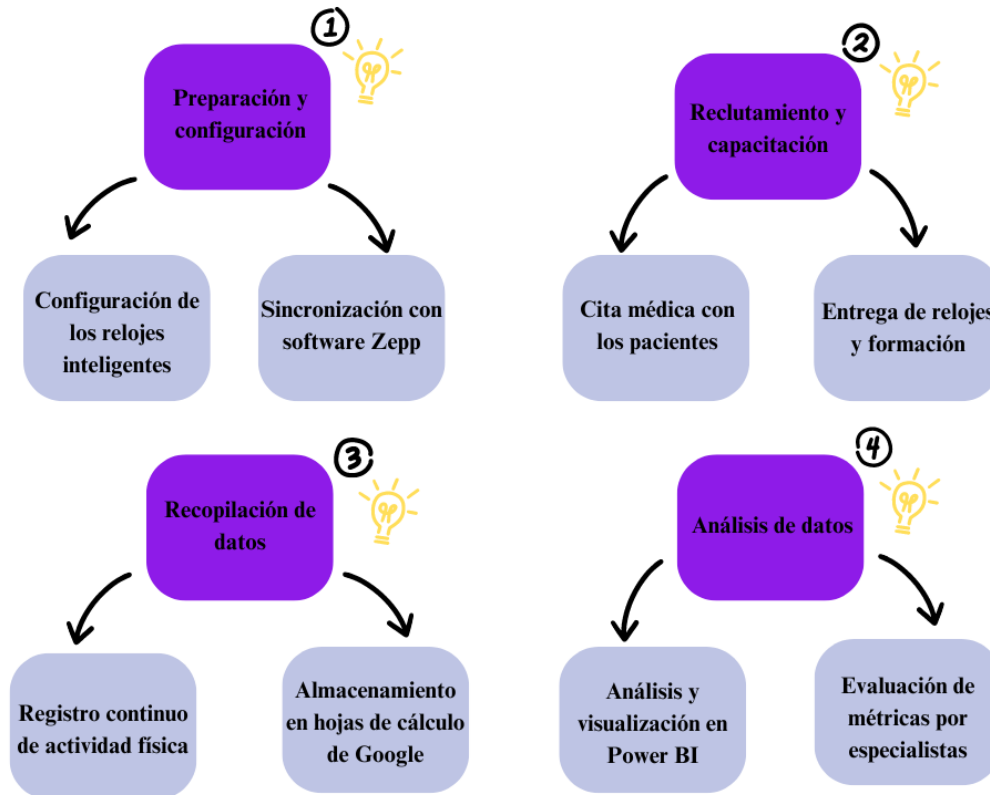


Figura 1 - Diagrama del desarrollo

2 Relojes inteligentes

2.1 Datos relevantes sobre los relojes

2.1.1 Descripción de los relojes inteligentes utilizados

Los relojes utilizados en este estudio han sido los [Amazfit Bip 3](#), conocidos por su excelente relación calidad-precio y sus amplias funcionalidades. El Amazfit Bip 3 cuenta una batería de larga duración que puede durar hasta 10 días con un uso moderado, y un diseño ligero y cómodo que lo hace adecuado para un uso diario continuo.

Además, este modelo incluye GPS integrado, resistencia al agua, y una amplia gama de sensores que permiten la monitorización precisa de diversas métricas de salud y actividad física.

2.1.2 Capacidades y métricas relevantes para el estudio

Las capacidades y métricas que ofrece el Amazfit Bip 3 son particularmente relevantes para este estudio. Entre los datos que se pueden obtener se encuentran el número de pasos diarios, la distancia recorrida, el ritmo cardíaco continuo, y los datos de sueño, que incluyen tanto la duración como la calidad del sueño. Estas métricas son cruciales para evaluar la actividad física y el estado general de salud de los pacientes con EPOC.

La capacidad de monitorear el ritmo cardíaco en tiempo real y el análisis detallado del sueño proporcionan información valiosa que puede ayudar a los médicos a entender mejor la condición de sus pacientes y ajustar sus tratamientos en consecuencia.

2.1.3 Ventajas y limitaciones del uso de relojes inteligentes en la monitorización de pacientes con EPOC

El uso de relojes inteligentes en la monitorización de pacientes con EPOC presenta varias ventajas. Estos dispositivos permiten una recopilación de datos continua y detallada sin la necesidad de visitas constantes al médico, lo que facilita un seguimiento más preciso y regular de la actividad física y el estado de salud de los pacientes. La comodidad y facilidad de uso de los relojes inteligentes hacen que los pacientes sean más propensos a usarlos de manera consistente, lo cual es crucial para obtener datos fiables y completos. Además, el acceso a datos detallados sobre la actividad física y el sueño puede ayudar a los médicos a identificar patrones y tendencias que podrían ser indicativos de cambios en la salud del paciente, permitiendo intervenciones más tempranas y personalizadas.

Sin embargo, también existen algunas limitaciones en el uso de relojes inteligentes para este propósito. En el caso de este estudio, la información no pudo ser extraída mediante una API, sino que tuvo que ser descargada manualmente a través de archivos CSV desde la web de Amazfit. Además, es importante destacar que, aunque los relojes inteligentes son dispositivos avanzados, todavía pueden enfrentar problemas de precisión en ciertas métricas, como la detección del ritmo cardíaco durante actividades de alta intensidad o la exactitud del seguimiento del sueño.

2.2 Configuración

2.2.1 Proceso de configuración inicial

El proceso de configuración inicial de los relojes inteligentes Amazfit Bip 3 para los pacientes diagnosticados con EPOC se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos meticulosos. Primero, se crearon cuentas de correo electrónico específicas para cada paciente. Estas cuentas no solo facilitaron la personalización del acceso a la aplicación Zepp, propiedad de Amazfit, sino que también sirvieron como un medio seguro para sincronizar los datos de los relojes con la plataforma de Amazfit.

A continuación, se registraron a los pacientes en la aplicación Zepp, permitiendo así la sincronización de los datos de actividad física con la plataforma en línea de Amazfit. Este paso fue crucial para garantizar que todos los datos recogidos por los relojes pudieran ser almacenados y posteriormente descargados para su análisis.

El reloj se configuró de manera sencilla y práctica, mostrando en su esfera principal la hora, el ritmo cardíaco y el conteo de pasos diarios. Esta configuración permitió a los

pacientes acceder fácilmente a información crucial sobre su salud física sin necesidad de navegar por múltiples menús, facilitando así el uso diario del dispositivo.

2.2.2 Ajustes personalizados para la recogida de datos

Para optimizar la recogida de datos relevantes sobre la salud de los pacientes, se implementaron una serie de ajustes personalizados en los relojes inteligentes. Uno de los ajustes más importantes fue la configuración del monitoreo automático de las pulsaciones cardíacas cada 5 minutos.

La importancia de este ajuste radica en la capacidad de los relojes para proporcionar datos continuos y detallados sobre la frecuencia cardíaca de los pacientes. La monitorización frecuente del ritmo cardíaco permite detectar variaciones y tendencias que pueden ser indicativas de cambios en la condición física del paciente. Esto es especialmente útil en pacientes con EPOC, donde el control de la actividad física y el estado cardiovascular es fundamental para una gestión efectiva de la enfermedad.

Estos datos, al ser recogidos de manera automática y regular, proporcionan una visión más completa y precisa del estado de salud del paciente, permitiendo a los médicos ajustar los tratamientos de manera más informada y oportuna. Además, esta configuración reduce la carga sobre los pacientes, quienes no necesitan recordar registrar manualmente sus pulsaciones, asegurando así una recolección de datos más fiable y consistente.

2.3 Entrega

2.3.1 Fecha y lugar de entrega de los dispositivos

La entrega de los relojes inteligentes a los pacientes tuvo lugar el día 24 de abril de 2024.

Antes de esta fecha, se realizó una reunión preparatoria en la que participé yo como responsable y autora del estudio, además de dos empleados del Servicio Canario de Salud.

Esta reunión fue crucial para coordinar los detalles técnicos y logísticos de la entrega. En ella, se explicó a los empleados del servicio de salud cómo funcionaban los relojes y cómo debían instruir a los pacientes en su uso. Se discutieron aspectos importantes, como la necesidad de que los pacientes llevaran los relojes en todo momento, salvo para cargarlos.

2.3.2 Instrucciones proporcionadas para la correcta utilización y extracción de datos

El día de la entrega, se proporcionaron instrucciones detalladas a cada paciente para asegurar un uso correcto de los dispositivos y una correcta recolección de datos. Cada paciente recibió una explicación individual del proyecto, enfatizando la importancia de su participación y el uso continuo del reloj para garantizar la integridad de los datos.

- Instalación de la aplicación Zepp
 - Durante la entrega, se instaló la aplicación Zepp en los dispositivos móviles de los pacientes.
 - Esta aplicación, esencial para la sincronización de datos entre los relojes y la plataforma de Amazfit, se configuró mediante una conexión Bluetooth.
 - Se indicó claramente que no debían desinstalar la aplicación hasta la finalización del estudio, ya que esta era fundamental para la recopilación y posterior descarga de los datos.
- Instrucciones de uso diario del reloj
 - Se dieron instrucciones sobre el uso diario del reloj, incluyendo cómo ver la información de salud en la pantalla principal (hora, ritmo cardíaco, conteo de pasos).
 - Se recordó a los pacientes que debían llevar el reloj en todo momento, excepto al cargarlo, para asegurar la continuidad de los datos registrados.
- Importancia de la formación
 - Esta formación y las instrucciones precisas aseguraron que los pacientes comprendieran la importancia del uso adecuado del dispositivo.
 - Los pacientes se sintieron cómodos y capacitados para participar activamente en el estudio.

2.4 Circular entregada a cada paciente para realizar el estudio

El día 24 de abril se le entregó a cada paciente una circular con la explicación del proyecto por escrito y con las consideraciones sobre el correcto uso de los dispositivos.



Estimados pacientes,

Quiero comenzar expresando mi profundo agradecimiento por su participación en este proyecto de investigación.

Como personas diagnosticadas con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), son ustedes quienes inspiran y motivan este esfuerzo por mejorar la calidad de vida y la gestión de esta enfermedad crónica.

La EPOC, como ya saben, representa un desafío considerable en términos de salud pública, afectando no solo su bienestar físico, sino también su calidad de vida en general. La gestión cuidadosa y continua de esta enfermedad es fundamental para prevenir exacerbaciones y mejorar su calidad de vida a largo plazo.

En este contexto, se ha reconocido la importancia del seguimiento de la actividad física como una herramienta crucial para comprender mejor la EPOC y gestionarla de manera efectiva. Es por eso que nos embarcamos en este proyecto de investigación, con el objetivo de desarrollar una solución innovadora que pueda facilitar este seguimiento de manera precisa y accesible.

Nuestro objetivo es desarrollar un software especializado que se integre con pulseras de actividad, dispositivos ampliamente utilizados para monitorear la actividad física diaria. Este software no solo recopilará datos sobre su actividad física, sino que también los analizará para proporcionar información valiosa tanto para ustedes como para sus profesionales de la salud.

A través de este proyecto, esperamos contribuir significativamente a la mejora de la gestión y el tratamiento de la EPOC. Su participación activa y su colaboración son fundamentales para el éxito de este proyecto, y estamos comprometidos a trabajar juntos para alcanzar nuestros objetivos comunes.

Como parte de este estudio, usted recibirá una pulsera de actividad para usar durante el periodo de seguimiento. Es esencial que siga algunas pautas simples para garantizar la efectividad del estudio y la precisión de los datos recopilados.

En primer lugar, le pedimos que lleve la pulsera en todo momento, excepto durante la carga. Además, la pulsera es de uso personal, no la comparta con otras personas. Recuerde mantener la pulsera correctamente cargada en la medida de lo posible, no permita que se descargue por completo, ya que dejará de monitorizar tus datos.

Si tiene alguna pregunta o experimenta algún problema, no dude en comunicarse con nosotros para recibir asistencia.

Atentamente,

Celeste Luis Díaz

Figura 2 - Circular para los pacientes

3 Implementación de EPOC Data Tracker

3.1 Descripción general de la aplicación

Se trata de una aplicación web diseñada para gestionar y monitorear datos clínicos y de actividad física de pacientes. El acceso a la plataforma se realiza a través de una pantalla de inicio de sesión, donde los usuarios autenticados pueden ingresar utilizando su nombre de usuario y contraseña. Actualmente, hay dos usuarios autenticados con acceso a la plataforma.

Una vez dentro, los usuarios pueden ver una lista de pacientes y acceder individualmente a sus perfiles para consultar datos clínicos, cargar nuevos datos de actividad física y visualizar cuadros de mando con gráficos detallados sobre el progreso de la actividad física de cada paciente.

En la página principal, también se ofrece la funcionalidad de filtrar entre usuarios y crear nuevos perfiles, permitiendo así la inclusión de nuevos pacientes en el sistema.

El objetivo que persigue la aplicación es proporcionar una herramienta eficiente y fácil de usar para la gestión y análisis de datos clínicos y de actividad física de los pacientes. Esto incluye facilitar el acceso seguro y centralizado a los datos clínicos, permitir a los usuarios actualizar y gestionar nuevos datos de actividad física de manera sencilla, y proveer visualizaciones claras y detalladas del progreso de la actividad física mediante cuadros de mando. Además, busca mejorar la toma de decisiones clínicas gracias a la disponibilidad de datos actualizados y precisos, y ofrecer una plataforma escalable donde se puedan agregar nuevos pacientes y gestionar sus datos de manera eficiente.

3.2 Análisis y requisitos

3.2.1 Análisis de necesidades

Para el desarrollo de esta aplicación web, ha sido fundamental realizar un análisis exhaustivo de las necesidades tanto de los usuarios finales como del sistema en sí. Este análisis se llevó a cabo mediante varios pasos clave.

Primero, se realizó una investigación de usuario para comprender las necesidades y expectativas de los usuarios finales a través de encuestas y entrevistas con profesionales de la salud, identificando las funcionalidades más importantes y cómo la aplicación puede mejorar su flujo de trabajo y eficiencia.

A continuación, se detectaron problemas actuales en la gestión y análisis de datos clínicos y de actividad física, tales como dificultades para acceder a datos actualizados, falta de visualizaciones claras y detalladas, e ineficiencia en la gestión de grandes volúmenes de datos. Con base en esta información, se establecieron los objetivos clave que la aplicación debe cumplir, alineados con las necesidades y expectativas de los usuarios, garantizando que la aplicación proporcionará un valor significativo y mejorará la gestión y análisis de datos.

Además, se evaluó la viabilidad técnica y económica del proyecto, considerando costos de desarrollo, tiempo de implementación y disponibilidad de tecnologías y habilidades necesarias.

3.2.2 Requisitos funcionales

Requisito	Descripción
Autenticación de usuarios	Permitir a los usuarios autenticarse mediante nombre de usuario y contraseña.
Filtrado de pacientes	Permitir la búsqueda de pacientes concretos dentro del panel principal
Gestión de pacientes	Permitir la creación, actualización y eliminación de perfiles de pacientes.
Visualización de datos clínicos	Mostrar datos clínicos detallados de cada paciente. Estos datos son provenientes de los profesionales sanitarios y obtenidos mediante encuestas y preguntas realizadas en consultas físicas con el paciente.
Actualización de datos de actividad física	Permitir la visualización de los datos de actividad física y su actualización cuando se precise.
Cuadros de mando	Proveer cuadros de mando con visualizaciones detalladas del progreso de la actividad física, ritmo cardiaco y estudio de datos entre pacientes.

Tabla 4 - Requisitos funcionales

3.2.3 Requisitos no funcionales

Requisito	Descripción
Rendimiento	La aplicación debe ser capaz de manejar múltiples usuarios y grandes volúmenes de datos sin demoras significativas.
Seguridad	Garantizar la protección de los datos de los pacientes mediante cifrado y medidas de seguridad robustas.
Usabilidad	La interfaz debe ser intuitiva y fácil de usar para los profesionales de la salud.
Escalabilidad	La arquitectura debe permitir la fácil adición de nuevas funcionalidades y el aumento de usuarios.
Mantenibilidad	El código debe ser limpio y bien documentado para facilitar el mantenimiento y las actualizaciones.

Tabla 5 - Requisitos no funcionales

4 Diseño e implementación

4.1 Diagrama de arquitectura general

En la siguiente figura se observa cómo se ha organizado el repositorio del proyecto.

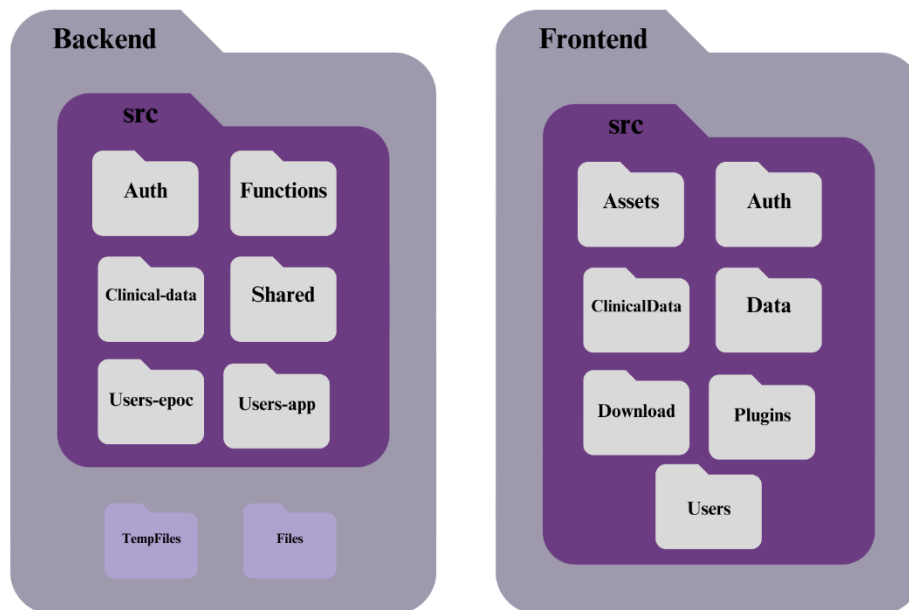


Figura 3 - Diagrama general del proyecto

4.2 Diseño del backend

4.2.1 Tecnologías utilizadas

Para el desarrollo del backend de la aplicación web, se ha utilizado Node.js y JavaScript. Node.js es un entorno de ejecución para JavaScript construido sobre el motor V8 de Google Chrome. Permite a los desarrolladores ejecutar código JavaScript en el servidor, fuera del navegador, lo que abre la puerta a la creación de aplicaciones web de alto rendimiento y escalabilidad. Node.js utiliza un modelo de I/O no bloqueante y basado en eventos, lo que lo hace especialmente eficiente para aplicaciones que manejan muchas operaciones de entrada y salida, como aplicaciones en tiempo real, servidores web y APIs.

Su ecosistema, gestionado a través de npm (Node Package Manager), proporciona acceso a una vasta colección de paquetes y módulos que facilitan el desarrollo y la integración de nuevas funcionalidades.

Se ha elegido Node.js por su capacidad para manejar múltiples conexiones simultáneamente con alta eficiencia, lo que es crucial para aplicaciones en tiempo real que requieren alta escalabilidad y rendimiento.

4.2.2 Estructura del proyecto



Figura 4 - Estructura del backend

** Para evitar extender demasiado esta memoria, se han adjuntado las imágenes a este enlace de [Google Drive](#), facilitando así una mejor visualización

4.2.3 Base de datos

Se ha desarrollado una base de datos en MySQL que incluye las tablas representadas en la figura adjunta. El propósito de esta base de datos es centralizar la información de los pacientes y usuarios que interactuarán con la aplicación web.

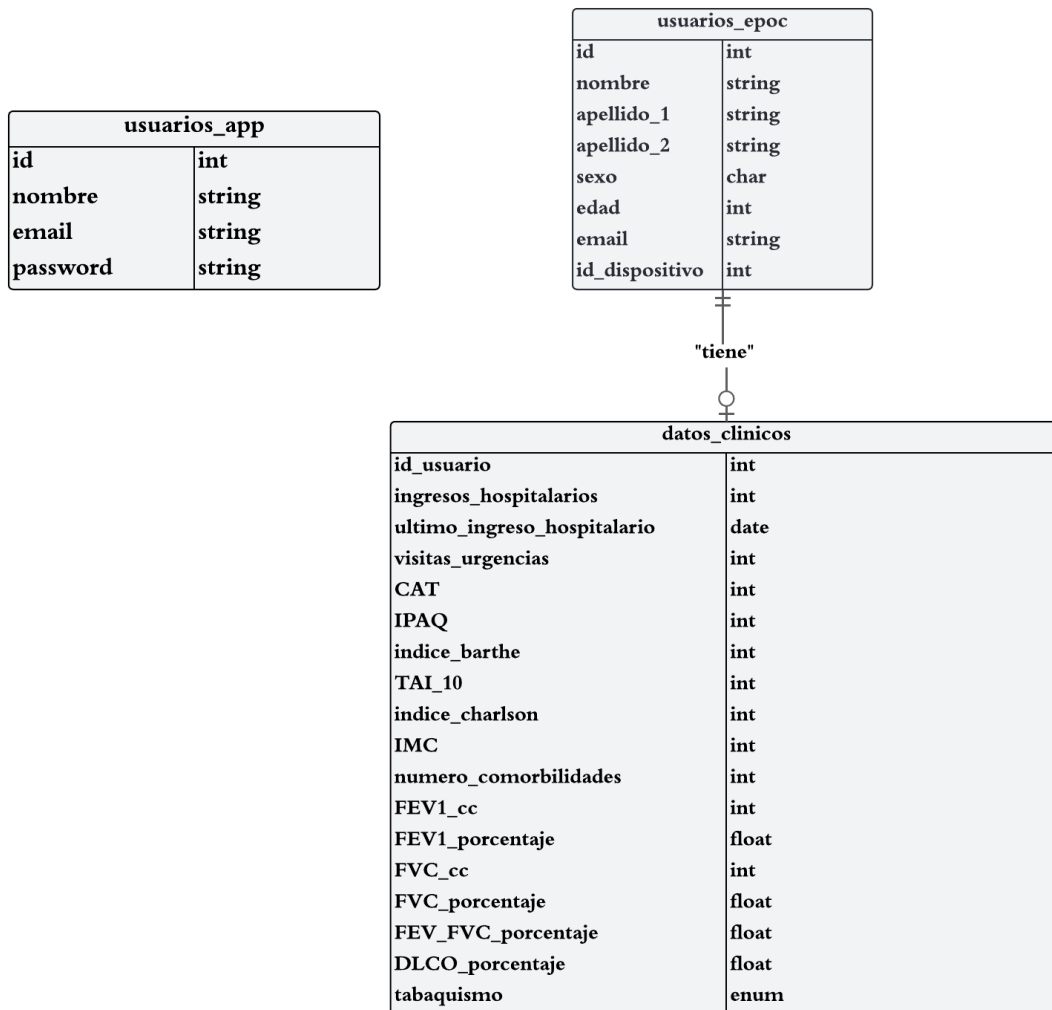


Figura 5 - Diagrama entidad-relación MySQL

Tabla	Justificación
usuarios_app	Esta tabla contiene la información de los usuarios que podrán iniciar sesión en la aplicación web. En este caso, será el personal sanitario que desee consultar los datos de los pacientes.
usuarios_epoc	En esta tabla se almacena la información básica de cada uno de los pacientes.
datos_clinicos	Esta tabla está relacionada con la tabla "usuarios_epoc" y contendrá todos los datos clínicos de cada paciente.

Tabla 6 - Justificación de la relación de tablas

4.2.4 API RESTful

En esta sección se detallará la API desarrollada para el backend de la aplicación. La API ha sido diseñada para facilitar la comunicación entre el frontend de la aplicación y la base de datos MySQL previamente mencionada, centralizando y gestionando eficientemente los datos de pacientes y usuarios.

La API se ha desarrollado siguiendo una arquitectura RESTful, lo que garantiza una comunicación sencilla y eficiente entre el cliente y el servidor. Cada endpoint de la API está asociado a un controlador específico que gestiona las solicitudes y respuestas.

Endpoint	<i>/api/login</i>		
Método	Controlador	Explicación	
POST	loginController	Este método se encarga de autenticar a los usuarios cuando intentan iniciar sesión.	
Endpoint	<i>/api/token/verify</i>		
Método	Controlador	Explicación	
GET	verifyTokenController	Este método se encarga de verificar los tokens de acceso a la plataforma.	
Endpoint	<i>/api/usuarios</i>		
Método	Controlador	Explicación	Middleware
GET	indexUserController	Obtener la lista de pacientes registrados en la aplicación.	Sí
POST	createUserController	Crear un nuevo paciente en la base de datos	Sí
Endpoint	<i>/api/usuarios/:id</i>		
Método	Controlador	Explicación	Middleware
DELETE	deleteUserController	Eliminar un usuario concreto de la base de datos.	Sí

GET	showController	Obtener un usuario concreto de la base de datos.	Sí
PATCH	updateController	Modificar los datos básicos de un usuario concreto.	Sí
Endpoint	<i>/api/activos</i>		
Método	Controlador	Explicación	Middleware
GET	showActiveUserController	Muestra solamente los pacientes a los que se les está realizando un seguimiento.	Sí
Endpoint	<i>/api/clinical-data</i>		
Método	Controlador	Explicación	Middleware
GET	showAllClinicalDataController	Muestra toda la información almacenada en la tabla <code>datos_clinicos</code>	Sí
Endpoint	<i>/api/clinical-data/:id</i>		
Método	Controlador	Explicación	Middleware
GET	<i>showClinicalDataByID</i>	Muestra la información clínica de un paciente concreto	Sí
POST	<i>updateClinicalData</i>	Modifica la información clínica de un paciente concreto.	Sí

Tabla 7 - Endpoints backend

4.2.5 Autenticación y autorización

En la aplicación desarrollada, se ha implementado JSON Web Tokens (JWT) para gestionar la autenticación de usuarios al iniciar sesión. JWT es un estándar abierto que permite la transmisión de información entre las partes como un objeto JSON de manera compacta y segura. A continuación, se detallan las razones por las cuales se ha optado por utilizar JWT en esta aplicación:

Una de las principales razones para usar JWT es la seguridad. Los tokens JWT están firmados digitalmente, lo que asegura que no puedan ser alterados sin invalidar la firma. Esto garantiza la integridad de los datos transmitidos, protegiendo la información sensible del usuario.

Otra ventaja utilizar esta herramienta es la autenticación sin estado. Con JWT, no es necesario almacenar información de sesión en el servidor. Esto reduce la carga en el servidor y mejora la escalabilidad de la aplicación, permitiendo manejar un mayor número de usuarios simultáneamente sin problemas de rendimiento.

Además, los tokens generados son simples y eficientes. Al iniciar sesión, se genera un token que el cliente debe incluir en el encabezado de autorización de cada solicitud posterior. Este proceso simplifica la autenticación y autorización, haciendo que las comunicaciones sean más rápidas y directas.

4.3 Diseño del frontend

4.3.1 Tecnologías utilizadas

Para desarrollar la interfaz de usuario de nuestra aplicación web, he optado por utilizar Vue.js y JavaScript. Vue.js es un framework progresivo de JavaScript que se utiliza para construir interfaces de usuario interactivas y de alto rendimiento. Su arquitectura está diseñada para ser adaptable y escalable, permitiendo a los desarrolladores crear componentes reutilizables y modularizar el código de manera efectiva. Gracias a su enfoque declarativo y la reactividad que ofrece, Vue.js facilita la gestión del estado de la aplicación y mejora la experiencia del usuario al proporcionar una interfaz fluida y dinámica. La combinación de Vue.js con JavaScript nos ha permitido construir un frontend robusto y eficiente, asegurando que la aplicación sea tanto intuitiva como fácil de usar.

4.3.2 Estilos y diseño

Para los estilos y el diseño de la aplicación, se han integrado componentes de Bootstrap, un popular framework de CSS que facilita el desarrollo de interfaces web atractivas y responsivas. Bootstrap proporciona una amplia gama de componentes predefinidos y un sistema de diseño basado en rejillas que nos ha permitido crear un diseño coherente y visualmente agradable, asegurando que la aplicación sea accesible y funcional en diferentes dispositivos y tamaños de pantalla.

4.3.3 Interacción con el backend

La interacción entre el frontend y el backend se ha implementado utilizando Axios, una biblioteca de JavaScript que facilita las solicitudes HTTP. Axios es ampliamente utilizado

por su simplicidad y eficiencia para realizar llamadas a APIs. Esta biblioteca nos permite enviar y recibir datos del servidor de manera asíncrona, lo que mejora la capacidad de respuesta de la aplicación.

4.3.4 Estructura del proyecto

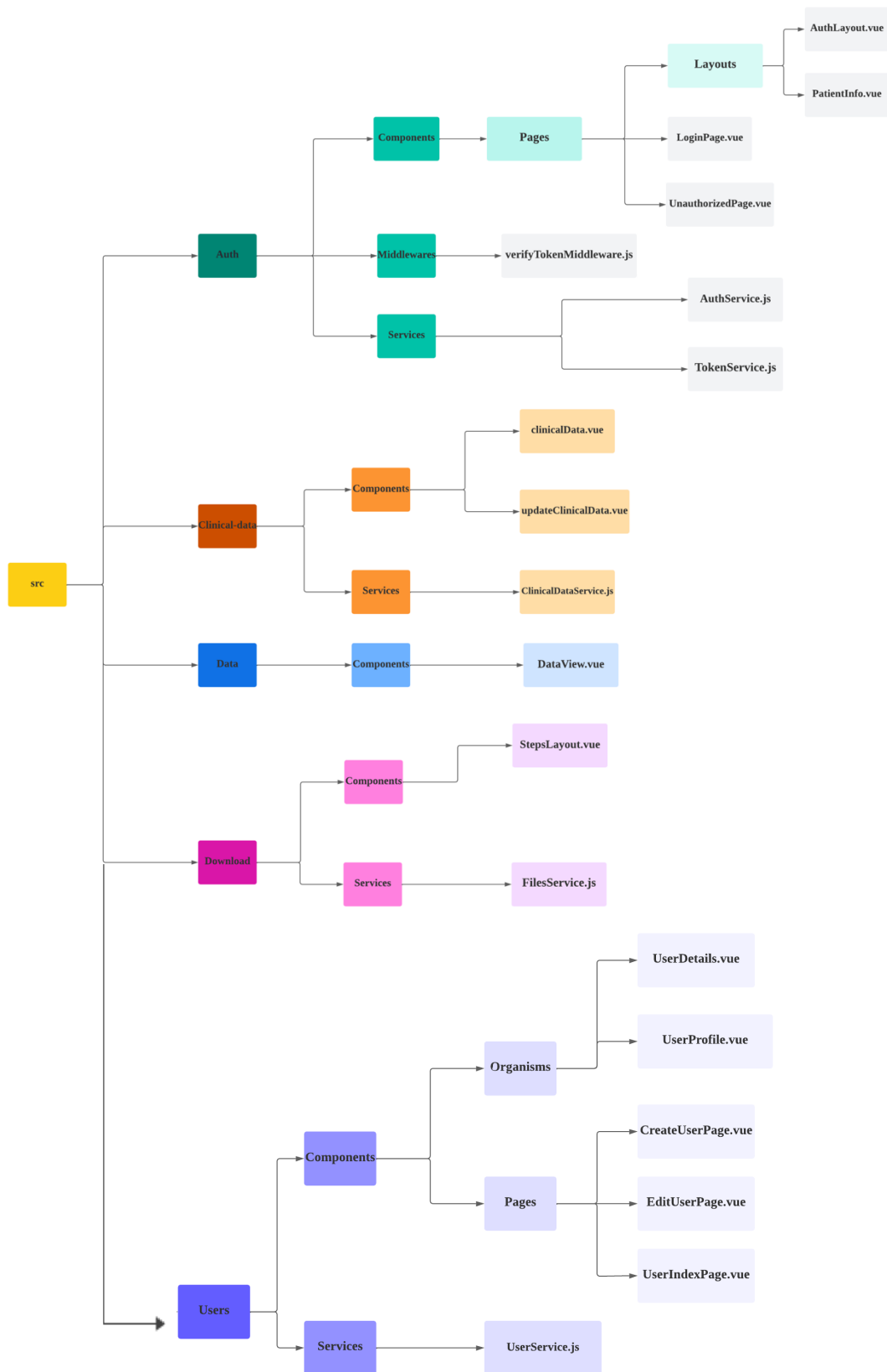
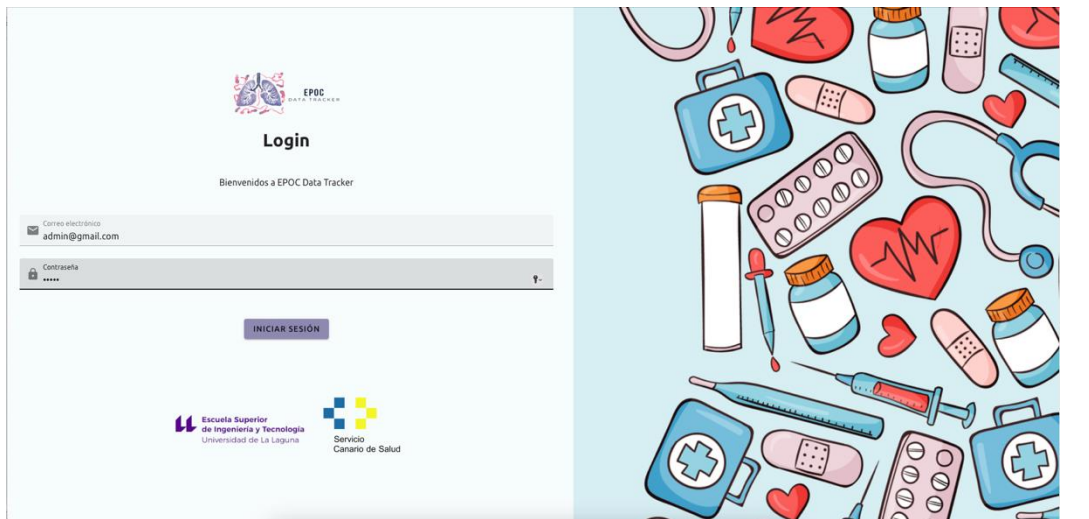


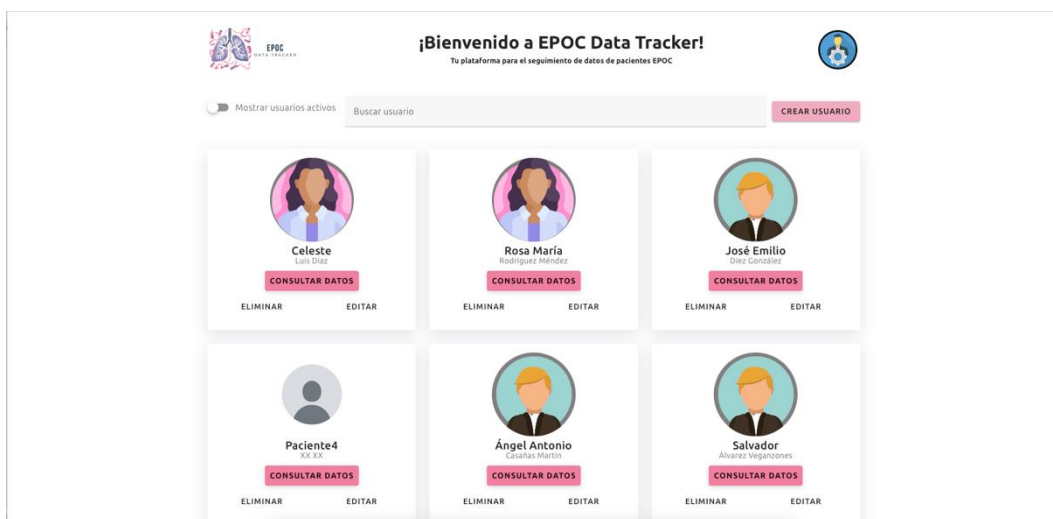
Figura 6 - Estructura del frontend

4.3.5 Vistas de la aplicación

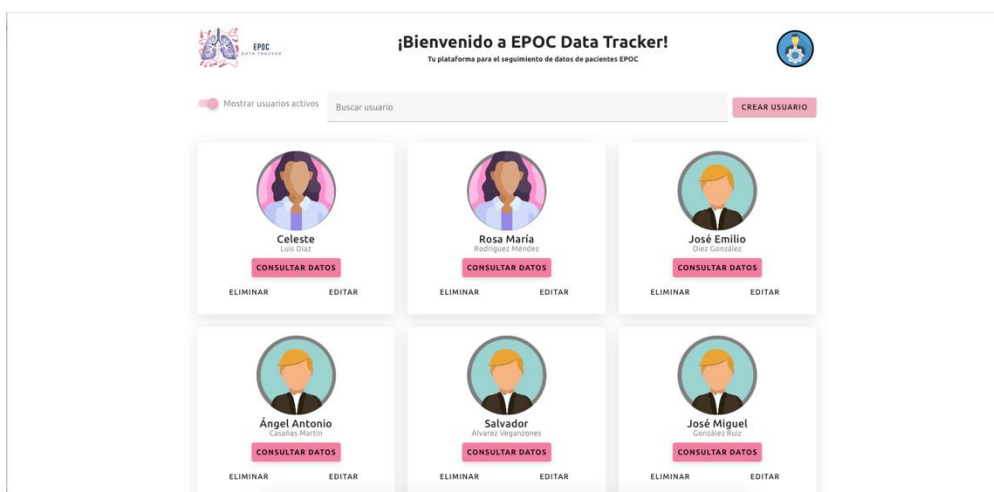
Inicio de sesión



Panel de usuarios



Usuarios activos



Búsqueda de un usuario

The screenshot shows the 'Búsqueda de un usuario' (User Search) page. At the top, there is a header with the EPOC logo, the text '¡Bienvenido a EPOC Data Tracker!', and a subtitle 'Tu plataforma para el seguimiento de datos de pacientes EPOC'. Below the header, there is a search bar with the text 'Mostrar usuarios activos' and a search input field containing 'Cq'. To the right of the search bar is a 'CREAR USUARIO' button. Below the search bar, there is a user profile card for 'Celeste Luis Diaz'. The card includes a circular profile picture, the name 'Celeste Luis Diaz', a 'CONSULTAR DATOS' button, and two smaller buttons: 'ELIMINAR' and 'EDITAR'.

Creación de nuevos pacientes

The screenshot shows the 'Creación de nuevos pacientes' (Create new patients) page. The header is identical to the search page. Below the header, there is a form with several input fields: 'Nombre', 'Primer apellido', 'Segundo apellido', 'Sexo', 'Edad', 'Email', and 'ID del dispositivo'. At the bottom of the form is a 'CREAR USUARIO' button. A 'Captura de Pantalla' (Screenshot) button is located at the bottom right of the page.

Edición de usuarios

The screenshot shows the 'Edición de usuarios' (Edit users) page. The header is identical to the search page. Below the header, there is a form for editing user data. The form fields are: 'Nombre' (Celeste), 'Primer Apellido' (Luis), 'Segundo Apellido' (Diaz), 'Sexo' (F), 'Edad' (23), 'Email' (epocdatatracker000@gmail.com), and 'ID del dispositivo' (1). To the right of the form is a circular profile picture of the user. At the bottom of the form is a 'GUARDAR' button. A 'Captura de Pantalla' (Screenshot) button is located at the bottom right of the page.

Eliminación de usuarios

¡Bienvenido a EPOC Data Tracker!
Tu plataforma para el seguimiento de datos de pacientes EPOC

Mostrar usuarios activos Buscar usuario CREAR USUARIO

¿Estás seguro?
¡No podrás revertir esto! Eliminarás al usuario Celeste

Si, eliminar Cancelar

Celeste
Luis Diaz
CONSULTAR DATOS
ELIMINAR EDITAR

José Emilio
Díaz González
CONSULTAR DATOS
ELIMINAR EDITAR

Paciente4
XXXX
CONSULTAR DATOS
ELIMINAR EDITAR

Ángel Antonio
Casasas Martín
CONSULTAR DATOS
ELIMINAR EDITAR

Salvador
Álvarez Vegahzones
CONSULTAR DATOS
ELIMINAR EDITAR

Visualización de datos clínicos de un paciente

Nombre: Celeste Segundo apellido: Diaz
Primer apellido: Luis Sexo: Mujer
Edad: 23 Email: epocdatatracker000@gmail.com

Información Clínica de Celeste

Ingresos Hospitalarios 19	Último Ingreso Hospitalario 2024-03-23	Visitas Urgencias 23
CAT 10	IPAQ 8	Índice Barthel 7
TAI 10 6	Índice de Charlson 13	IMC 33
Número de comorbilidades 7	FEV1 (cc) 90	FEV1 (%) 15
FVC (cc) 70	FVC (%) 40	FEV1/FVC (%) 50
DLCO (%) 80	Tabaquismo no	Fecha de registro de datos 2024-06-06

INTRODUCIR NUEVOS DATOS

Edición de datos clínicos de un paciente

Nombre: Celeste Segundo apellido: Diaz
Primer apellido: Luis Sexo: Mujer
Edad: 23 Email: epocdatatracker000@gmail.com

Edición de datos clínicos de Celeste

Ingresos hospitalarios 19	TAI-10 6	FVC (cc) 70
Último ingreso hospitalario 23/03/2024	Índice de Charlson 13	FVC (%) 40
Visitas a urgencias 23	IMC 33	FEV1/FVC (%) 50
CAT 10	Número de comorbilidades 7	DLCO (%) 80
IPAQ 8	FEV1 (cc) 90	Tabaquismo no
Índice de Barthel 7	FEV1 (%) 15	

MODIFICAR DATOS CLÍNICOS

Consulta de datos de un paciente

¡Bienvenido a EPOC Data Tracker!
Tu plataforma para el seguimiento de datos de pacientes EPOC

Mostrar usuarios activos Buscar usuario CREAR USUARIO

¿Quieres subir nueva información sobre los datos físicos del paciente?

Celeste Luis Díaz CONSULTAR DATOS ELIMINAR EDITAR
José Emilio Díez González CONSULTAR DATOS ELIMINAR EDITAR
Paciente4 XXX.XX CONSULTAR DATOS ELIMINAR EDITAR
Ángel Antonio Casasas Martín CONSULTAR DATOS ELIMINAR EDITAR
Salvador Álvarez Veganzones CONSULTAR DATOS ELIMINAR EDITAR

Actualización de datos clínicos de un paciente (Sí, subir nuevos datos)

Nombre: Celeste Edad: 23
Primer apellido: Luis Sexo: Mujer
Segundo apellido: Díaz Email: epocdatatracker00@gmail.com

Paso 1
Sincroniza los datos de la pulsera de actividad en la aplicación Zepp

Paso 2
Descarga los datos de la página web
DESCARGAR
amazfit

Paso 3
Sube la carpeta comprimida resultante a EPOC Data Tracker
Recuerda que tienes el enlace de descarga en el correo electrónico

Arrastra aquí la carpeta comprimida
 7078865062_1716993009492.zip

Contraseña de descompresión

CONTINUAR

Cuadro de mandos (No, continuar al cuadro de mandos)

Panel de control

Selecciona un paciente
 El ID está asociado a cada paciente
 ID 1 Celeste Luis

Selecciona un rango de fechas
 13/04/2024 24/04/2024

Actividad Física
 Ritmo cardíaco
 Estudio entre pacientes

Pasos por día y distancia recorrida
 Leyenda: ● Suma de pasos — Suma de distancia — Objetivo diario

Calorías por día

Fecha en la que se realizó el número máximo de pasos
22-04-2024 **10454**

Patrones de pasos por día de la semana

Relación entre pasos y calorías

Nivel de actividad
 ● Sedentario ● Normal ● Activo ● Muy activo ● Suma de steps

Tabla 8 - Vistas de la aplicación

4.3.6 Consideraciones sobre la actualización de datos de actividad física de los pacientes

Para actualizar los datos de actividad de cada paciente, se deben seguir las instrucciones detalladas en la vista de actualización de datos de actividad física. Una vez se adjunte el archivo .zip generado en la plataforma del fabricante de los relojes (Amazfit) junto con la contraseña correspondiente para la descompresión, estos datos se almacenarán en una hoja de cálculo de Google. Este proceso permitirá asociar los datos al ID de cada paciente, garantizando una organización y acceso eficientes.

4.4 Power BI

4.4.1 Creación de los cuadros de mando con Power BI

Power BI es una herramienta de análisis de datos desarrollada por Microsoft que permite visualizar y compartir datos de manera interactiva y eficiente. Con Power BI, los usuarios pueden crear informes y dashboards personalizados, conectarse a diversas fuentes de datos, y transformar datos en información significativa mediante visualizaciones interactivas.

En este proyecto, Power BI se ha utilizado para crear cuadros de mando que presentan de manera clara y detallada los datos de actividad física de los pacientes. La herramienta se ha enlazado con la hoja de cálculo de Google, donde se almacenan los datos actualizados de los pacientes, permitiendo así trabajar de manera eficiente con estos datos. Gracias a Power BI, se han podido generar gráficos que aportan valor al estudio, facilitando la interpretación y el análisis de los datos clínicos y de actividad física.

4.4.2 Preguntas clave y justificación de la creación del cuadro de mandos

El propósito del cuadro de mando es responder a las siguientes preguntas clave, las cuales se alinean con los objetivos del proyecto y la monitorización de la salud de los pacientes:

- **¿Cuál es el nivel de actividad física diaria de cada paciente?** (Pasos diarios, distancia recorrida)
- **¿Cómo varía la actividad física de los pacientes a lo largo del tiempo?** (Tendencias en el tiempo)
- **¿Qué relación existe entre la actividad física y las calorías quemadas?** (Correlación pasos-calorías)
- **¿Cuáles son los niveles de pulsaciones diarias y cómo se relacionan con la actividad física?** (Ritmo cardíaco en relación a la actividad)
- **¿Qué patrones de actividad física se pueden identificar en diferentes días de la semana?** (Pasos medios por día de la semana)

Cuadro de mandos 1: **Actividad física**

- **Selección de paciente y de fechas:** El cuadro de mandos permite seleccionar la información de un paciente concreto y un rango de fechas específico para visualizar los datos relevantes de ese período.
- **Gráfico de barras (pasos y distancia recorrida):** Este gráfico de barras muestra la cantidad de pasos y la distancia recorrida por los pacientes en función de las fechas seleccionadas. Permite observar la actividad física diaria de manera clara y comparativa.
- **Gráfico de líneas (calorías quemadas):** Un gráfico de líneas muestra la cantidad de calorías quemadas por los pacientes durante el intervalo de tiempo seleccionado. Esto proporciona una visión continua y detallada del gasto energético diario.
- **Indicador de máximo número de pasos:** Un indicador específico muestra la fecha exacta en la que se alcanzó el mayor número de pasos durante el período analizado, junto con el número exacto de pasos realizados en ese día. Esto destaca los días de máxima actividad.
- **Gráfico de barras (pasos medios por día de la semana):** Este gráfico muestra la media de pasos realizados cada día de la semana. Ayuda a detectar patrones de actividad y a identificar qué días son más o menos activos para los pacientes.
- **Gráfico de dispersión (relación entre pasos y calorías quemadas):** Un gráfico de dispersión ilustra la relación entre el número de pasos dados y las calorías quemadas. Esto permite analizar la correlación entre ambas variables y comprender mejor el impacto de la actividad física en el gasto calórico.
- **Gráfico de barras segmentado (nivel de actividad):** En este gráfico de barras, cada barra está dividida en cuatro segmentos que representan diferentes niveles de actividad: sedentario, normal, activo y muy activo. Los valores correspondientes a estos niveles son 2,000, 6,000, 9,000 y 11,000 pasos respectivamente. Una línea indica en qué intervalo se encuentra cada paciente según el día, facilitando la identificación del nivel de actividad diario.



Figura 7 - Cuadro de mandos 1. Actividad física

Cuadro de mandos 2: Ritmo cardiaco

- **Selección de paciente y de fechas:** El cuadro de mandos permite seleccionar la información de un paciente concreto y un rango de fechas específico, aunque en este caso, la información se visualizará por semanas.
- **Gráfico de barras (relación de las pulsaciones diarias con la actividad física medida en pasos):** Este gráfico muestra la media de pulsaciones diarias y el número de pasos recorridos.
- **Gráfico de barras vertical (pulsaciones mínimas y máximas):** Este gráfico muestra la diferencia entre la pulsación mínima obtenida durante el día y la máxima
- **Gráfico de pastel:** Este gráfico muestra la proporción de actividad durante la semana. Se ha establecido que si el promedio de pulsaciones en un día ha sido superior a 65, este paciente ha tenido un día “activo”.
- **Gráfico de anillos (distinción entre los diferentes valores de las pulsaciones):** Se ha utilizado este gráfico para ver como se encuentran repartidos los datos de las pulsaciones, además de para ofrecer al personal sanitario una visualización más rápida y clara sobre la salud cardiovascular de los pacientes.
- **Gráfico de relación (pulsaciones):** representa la proporción de cada rango de pulsaciones.
- **Mapa de calor (pulsaciones diarias por horas):** Este mapa muestra la media de pulsaciones distribuidas por horas a lo largo de los días de la semana seleccionada. Se muestran en color más oscuro las pulsaciones que podrían llegar a suponer un problema y con un color más claro las pulsaciones “normales”.



Figura 8 - Cuadro de mandos. Ritmo cardiaco

Cuadro de mandos 3. Estudio entre pacientes

En este cuadro de mandos, los pacientes se han dividido en dos grupos: aquellos con mejor progresión y aquellos con peor progresión. Para ambos grupos, se presentan dos gráficos de barras que muestran los datos individuales de los pacientes desde el inicio del estudio. Los datos analizados incluyen el valor medio de las pulsaciones de cada paciente y el número total de pasos.

En la parte central del cuadro de mandos se puede observar lo siguiente:

- **Diagrama de anillos (calorías por usuario):** Representa el porcentaje de calorías que ha quemado cada usuario durante el periodo de estudio.
- **Mapa de calor (pasos totales por meses y por usuario):** Visualiza los pasos totales dados por cada usuario, divididos por meses, permitiendo observar el total de pasos y el progreso de un mes a otro

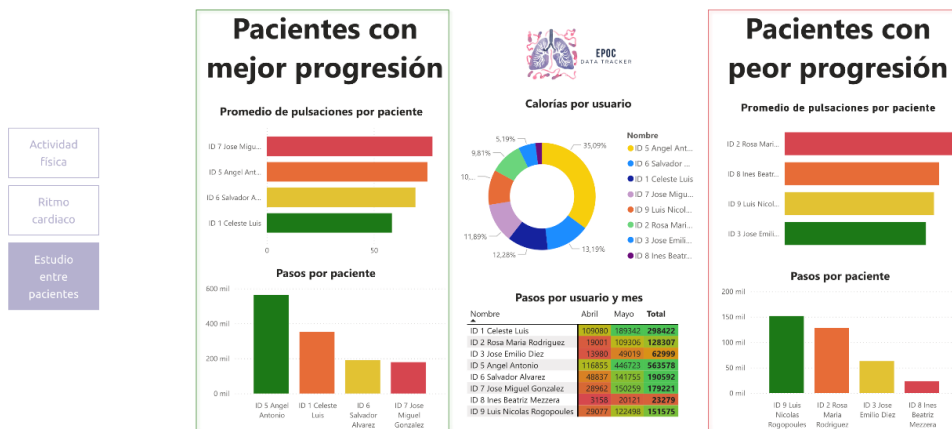


Figura 9 - Cuadro de mandos. Estudio entre pacientes

5 Cronograma y presupuesto

DIAGRAMA DE GANTT

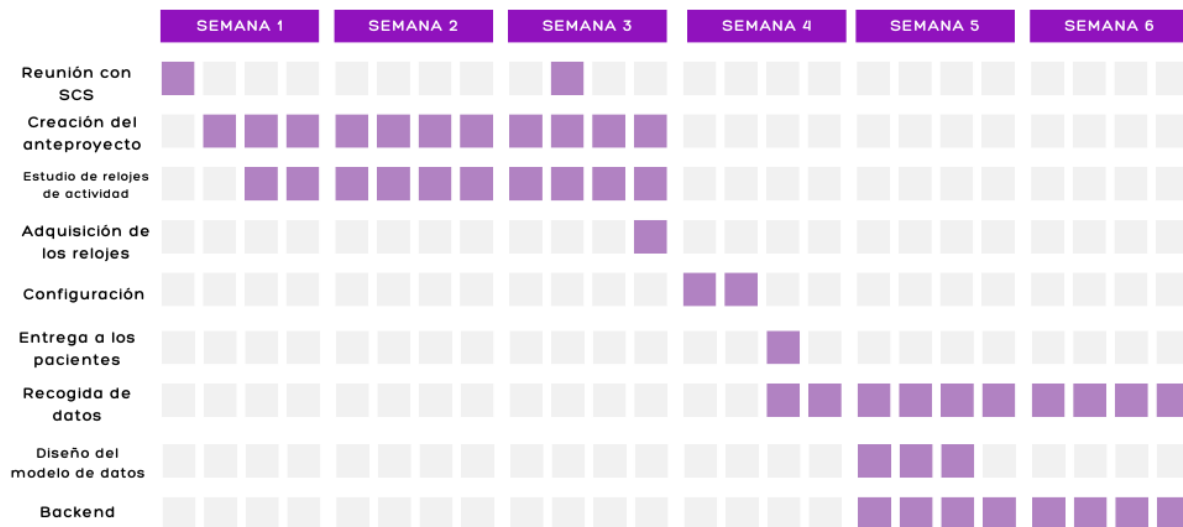


Figura 10 - Cronograma de las primeras 6 semanas

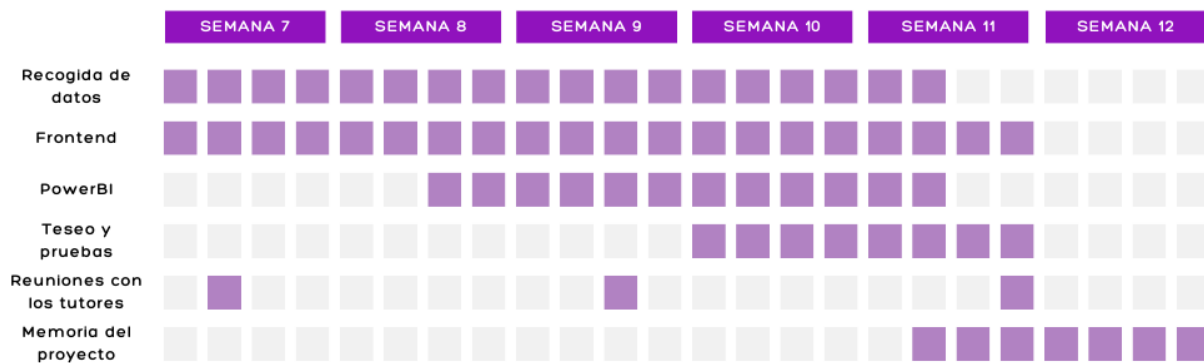


Figura 11 - Cronograma últimas 6 semanas

5.1.1 Presupuesto detallado del proyecto

- Desarrollo del backend
 - Desarrollador backend
 - Tasa: 30 €/hora
 - Horas estimadas: 300
 - **Costo total** = 9.000 €
 - Tecnologías y herramientas
 - MySQL: Versión gratis
- Desarrollo del frontend
 - Desarrollador frontend
 - Tasa: 30 €/hora
 - Horas estimadas: 250
 - **Costo total** = 7.500 €
 - Tecnologías y herramientas
 - Vue.js: Gratis
 - Bibliotecas adicionales (Vuetify): Gratis
 - Bootstrap (CDN): Gratis
- Desarrollo de los cuadros de mando (Power BI)
 - Tasa: 30 €/hora
 - Horas estimadas: 30
 - **Costo total** = 900 €
- Integración y pruebas
 - QA Engineer
 - Tasa: 30 €/hora
 - Horas estimadas: 75
 - **Costo total** = 2.250 €
- Gestión del proyecto
 - Project Manager
 - Tasa: 25 €/hora
 - Horas estimadas: 120
 - **Costo total** = 3.000 €
- Cuadros de mando y visualización
 - Power BI
 - Licencia Power BI Pro: 10 €/usuario/mes
 - Duración del proyecto: 3 meses
 - **Costo total** = 30 €
- Adquisición de los relojes inteligentes
 - Amazfit Bip 3
 - Precio: 60€/cada uno
 - 11 pacientes
 - **Costo total** = 660 €
- Reserva para contingencias
 - 10 % del costo total del proyecto
 - **Costo total** = 2.434 €

Concepto	Costo total
Desarrollo del backend	9.000 €
Desarrollo del frontend	7.500 €
Desarrollo de los cuadros de mando	900 €
Integración y pruebas	2.250 €
Gestión del proyecto	3.000 €
Cuadros de mando y visualización	30 €
Adquisición de los relojes inteligentes	660 €
Costo total del proyecto	23.340 €
Reserva para contingencias	2.434€
Total estimado	25.774€

Tabla 9 - Presupuesto del proyecto

6 Conclusiones y líneas futuras

El desarrollo de esta aplicación web ha cumplido con éxito los objetivos planteados, proporcionando una solución integral y eficiente para la gestión y análisis de datos clínicos y de actividad física de los pacientes. Este proyecto ha supuesto una mejora significativa para el Servicio Canario de Salud, al ofrecer una herramienta robusta que centraliza y protege la información clínica, facilita la actualización de datos y provee visualizaciones claras que apoyan la toma de decisiones médicas.

Uno de los logros más importantes ha sido el impacto positivo en la vida de los pacientes. La introducción de las pulseras Amazfit y la posibilidad de monitorizar su actividad física ha motivado a los pacientes a tomarse más en serio su patología. Saber que sus datos están siendo estudiados y analizados en tiempo real ha fomentado un mayor compromiso por parte de los pacientes hacia su salud, resultando en mejoras palpables en su calidad de vida. Esta motivación adicional ha sido clave para que los pacientes adopten hábitos más saludables y mantengan un seguimiento constante de su condición física.

Desde una perspectiva técnica, la aplicación ha sido desarrollada utilizando Node.js y JavaScript para el backend, y Vue.js junto con JavaScript para el frontend. Estas tecnologías han permitido crear un sistema ágil, escalable y fácil de mantener.

Además, la integración de PowerBI con Google Sheets ha permitido generar cuadros de mando interactivos que proporcionan indicadores valiosos sobre la actividad física de los pacientes. Esto no solo mejora la capacidad de los profesionales de la salud para realizar un seguimiento detallado, sino que también facilita el análisis de tendencias y patrones que pueden informar futuras intervenciones clínicas.

La integración de todas estas tecnologías ha creado una página web robusta y eficiente que cumple con todos los requisitos y requerimientos planteados, respondiendo y dando soporte a las necesidades establecidas al inicio de este proyecto.

6.1 Líneas futuras

Para futuras iteraciones del proyecto, es fundamental explorar la posibilidad de extraer datos de los relojes inteligentes de manera automática mediante el uso de una API en tiempo real, en lugar de depender de la extracción manual desde la página web de Huami. Esto no solo optimizará el proceso de recopilación de datos, sino que también mejorará la precisión y la puntualidad de la información recibida.

Además, se puede considerar la extensión del proyecto a una muestra de pacientes más amplia. Ampliar el número de participantes permitirá obtener datos más representativos y de mayor calidad, lo cual enriquecerá los análisis y podría conducir a conclusiones más robustas y generalizables. Explorar estas líneas futuras contribuirá a mejorar aún más la efectividad y eficiencia de la aplicación, consolidándose como una herramienta esencial para la gestión de la salud y el bienestar de los pacientes.

Adicionalmente, es importante señalar que el despliegue de la aplicación está previsto para una fase posterior del proyecto. Este despliegue requiere una planificación cuidadosa y una serie de pruebas exhaustivas para garantizar su correcto

funcionamiento y seguridad. Aunque estas tareas no pudieron completarse en el marco temporal del presente trabajo, el despliegue sigue siendo una meta importante para futuras fases del proyecto. Esta fase permitirá validar la aplicación en un entorno real y obtener feedback directo de los usuarios para su mejora continua.

7 Summary and conclusions

The development of this web application has successfully met the outlined objectives, providing an integral and efficient solution for managing and analyzing clinical and physical activity data of patients. We have significantly improved the Canary Islands Health Service by offering a robust tool that centralizes and protects clinical information, facilitates data updates, and provides clear visualizations that support medical decision-making.

One of our most important achievements has been the positive impact on the lives of patients. The introduction of Amazfit smartwatches and the ability to monitor their physical activity have motivated patients to take their condition more seriously. Knowing that their data is being studied and analyzed in real-time has fostered a greater commitment to their health, resulting in tangible improvements in their quality of life. This additional motivation has been key for patients to adopt healthier habits and consistently monitor their physical condition.

From a technical perspective, we developed the application using Node.js and JavaScript for the backend, and Vue.js along with JavaScript for the frontend. These technologies have allowed us to create an agile, scalable, and easy-to-maintain system.

Additionally, the integration of PowerBI with Google Sheets has enabled the generation of interactive dashboards that provide valuable insights into the physical activity of patients. This not only enhances the ability of healthcare professionals to perform detailed monitoring but also facilitates the analysis of trends and patterns that can inform future clinical interventions.

By integrating all these technologies, we have created a robust and efficient web application that meets all the requirements and specifications outlined, effectively addressing and supporting the needs established at the beginning of this project.

8 Referencias

- MedlinePlus. (s.f.). **Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)**. MedlinePlus. Recuperado de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000091.htm>
- J.Fernández Guerra, F. Marín Sánchez, J.M. García Jiménez.(2018). **Enfermedad obstructiva crónica (EPOC). Tratamiento del paciente estable**. Neumosur. Recuperado de https://www.neumosur.net/files/ebooks/EB04-27_EPOC_Tto_estable.pdf
- Mayo Clinic. (2023). **EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica)**. Mayo Clinic. Recuperado de <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/copd/symptoms-causes/syc-20353679>
- Wikipedia. (2023). **Servicio Canario de Salud**. Wikipedia. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_Canario_de_la_Salud
- Healthnology. (2023). **Programa piloto de monitorización remota con un reloj inteligente**. Healthnology. Recuperado de <https://www.healthnology.es/programa-piloto-de-monitorizacion-remota-con-un-reloj-inteligente/>
- Amazfit. (s.f.). **Amazfit**. Amazfit. Recuperado de <https://es.amazfit.com/>
- Amazfit. (s.f.). **Amazfit Bip 3**. Amazfit. Recuperado de <https://es.amazfit.com/products/amazfit-bip-3#/>
- Wikipedia. (2023). **JavaScript**. Wikipedia. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
- Vue.js. (s.f.). **Vue.js**. Vue.js. Recuperado de <https://vuejs.org/>
- MySQL. (s.f.). **MySQL**. MySQL. Recuperado de <https://www.mysql.com/>
- Microsoft. (s.f.). **Power BI**. Microsoft. Recuperado de <https://www.microsoft.com/es-es/power-platform/products/power-bi/>
- Repositorio de GitHub con el proyecto (BACKEND). GitHub. Recuperado de <https://github.com/CelesteLD/TFG-backend.git>
- Repositorio de GitHub con el proyecto (FRONTEND). GitHub. Recuperado de <https://github.com/CelesteLD/TFG-Frontend.git>