



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y
Telecomunicaciones

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Análisis de datos de Dispositivos de Salud Personal

Presentado por:
Pablo Huertas Arroyo

Curso académico 2023-2024



Análisis de datos de Dispositivos de Salud Personal

Pablo Huertas Arroyo

Pablo Huertas Arroyo *Análisis de datos de Dispositivos de Salud Personal* .
Trabajo de fin de Grado. Curso académico 2023-2024.

**Responsable de
tutorización**

Roberto Morcillo Jiménez
*Departamento de Ciencias de la Computación
e Inteligencia Artificial*

María José Martín Bautista
*Departamento de Ciencias de la Computación
e Inteligencia Artificial*

Grado en Ingeniería
Informática
Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Informática y
Telecomunicaciones
Universidad de Granada

Parte I.

Introducción

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

D./Dña. Pablo Huertas Arroyo

Declaro explícitamente que el trabajo presentado como Trabajo de Fin de Grado (TFG), correspondiente al curso académico 2023-2024, es original, entendido esto en el sentido de que no he utilizado para la elaboración del trabajo fuentes sin citarlas debidamente.

En Granada a 16 de octubre de 2024

Fdo: Pablo Huertas Arroyo

Dedicatoria (opcional)

Ver archivo preliminares/dedicatoria.tex

Índice general

I. Introducción	I
Agradecimientos	IX
Summary	XI
Introducción	XIII
II. Capítulos	1
1. Análisis relojes actualidad	3
1.1. Introducción	3
1.2. Apple Watch	4
1.2.1. Tipos de Datos en Apple HealthKit	4
1.2.2. Características Únicas del Apple Watch	5
1.3. Garmin	7
1.3.1. Tipos de Datos Procesados por Garmin Health API	7
1.3.2. Tipos de Datos Procesados por Garmin Activity API	8
1.3.3. Garmin Health SDK	8
1.3.4. Características Únicas de Garmin	8
1.4. Fitbit	10
1.4.1. Análisis de los Tipos de Datos que Procesa Fitbit	10
1.4.2. Características Únicas de Fitbit	12
1.5. Conclusión	13
1.5.1. Apple Watch	13
1.5.2. Garmin	13
1.5.3. Fitbit	14
1.5.4. Comparación General	14
1.5.5. Conclusión General	14
2. Diseño de la Base de Datos en MongoDB	17
2.1. Búsqueda de Datos	17
2.2. Limpieza de Datos	17
2.3. Almacenamiento de Datos	18
3. Software implementado	21
3.1. Conexión base de datos	21
3.1.1. Diseño API	21
3.1.2. Implementación API	21
3.2. Visualización de datos	21
3.2.1. Diseño Front-End	21

Índice general

3.2.2. Implementación Front-End	21
III. Conclusión	23
A. Ejemplo de apéndice	25
Glosario	27
Bibliografía	29

Agradecimientos

Agradecimientos (opcional, ver archivo preliminares/agradecimiento.tex).

Summary

In the digital era, technological advances have radically transformed the way we interact with our environment, manage our time, and, crucially, monitor our well-being. Among the many technological innovations that have emerged in recent years, health watches, commonly known as smartwatches, have gained prominence as wearable devices that go far beyond the simple functions of a conventional watch. These devices not only offer an elegant and versatile design but also integrate powerful sensors and advanced algorithms that allow users to monitor key aspects of their health in real time.

The impact of health watches on everyday life is undeniable. These devices have revolutionized how we relate to our own health, providing millions of users with a constant and accurate view of their physical and mental condition. Thanks to their features for tracking physical activity, heart rate monitoring, sleep quality measurement, and stress level detection, among others, health watches not only collect valuable data but also promote healthier lifestyle habits. This proactive approach allows users to make adjustments in their daily routines, contributing to the prevention of chronic diseases, improving general well-being, and adopting more balanced lifestyles.

Moreover, the value of these devices extends beyond passive monitoring, as many health watches are equipped with alerts and functions that can be crucial in emergency situations. From fall detection and warnings in case of heart irregularities to the ability to request immediate help, these devices provide an additional layer of security that can make a significant difference in the lives of many people, especially those with pre-existing medical conditions.

In this context, health watches have ceased to be a mere technological trend or fashion accessory. They have become essential tools in the field of preventive care and health self-management. Their ability to collect, analyze, and present relevant data empowers users, providing them with the necessary knowledge to make more informed decisions about their well-being. Furthermore, with the growing integration of artificial intelligence and machine learning, health watches are rapidly evolving into even more precise, personalized, and proactive monitoring systems.

It is in this framework of growing relevance of health watches and their impact on personal well-being management that my Bachelor's Thesis (TFG) is situated. My research has focused on the study of current smartwatches, the analysis of data generated by these devices, with the aim of exploring the information they provide.

Summary

In conclusion, my work seeks to contribute to the emerging field of digital health, offering a clearer perspective on the value of the data generated by health watches and proposing ways in which this data can be applied to improve individual and collective health. In the following sections, I will detail the process of data collection and the analysis carried out, highlighting the transformative potential of smartwatches in the field of health and personal well-being.

Initial goal of the Bachelor's Thesis:

This Bachelor's Thesis proposes to design and implement an advanced health monitoring system using wearables, aimed at diverse user groups. The research focused on the creation and integration of SOA web services with wearables from different brands to collect health data and store it in an information system. This system would include a user interface to visualize the data captured by the wearables.

This was my initial goal for the TFG, but later it became necessary to discard the possibility of collecting data directly from these devices due to their scarcity and the impossibility of extracting such diverse data from different people, on different dates, and activities, etc. (in short, such varied data). Therefore, it was decided to carry out research, extraction, and cleaning of data from various datasets, which will be detailed in the TFG, along with the process of how they were processed.

Introducción

En la era digital, los avances tecnológicos han transformado radicalmente la manera en que interactuamos con nuestro entorno, gestionamos nuestro tiempo y, de forma crucial, monitoreamos nuestro bienestar. Entre las múltiples innovaciones tecnológicas que han emergido en los últimos años, los relojes de salud, comúnmente conocidos como smartwatches o relojes inteligentes, han ganado protagonismo como dispositivos portátiles que van mucho más allá de las simples funciones de un reloj convencional. Estos dispositivos no solo ofrecen un diseño elegante y versátil, sino que integran potentes sensores y algoritmos avanzados que permiten a los usuarios monitorear aspectos clave de su salud en tiempo real.

El impacto de los relojes de salud en la vida cotidiana es indudable. Estos dispositivos han revolucionado la forma en que nos relacionamos con nuestra propia salud, proporcionando a millones de usuarios una ventana constante y precisa hacia su estado físico y mental. Gracias a sus funciones de seguimiento de la actividad física, el monitoreo del ritmo cardíaco, la medición de la calidad del sueño y la detección de niveles de estrés, entre otras, los relojes de salud no solo recopilan datos valiosos, sino que también fomentan hábitos de vida más saludables. Este enfoque proactivo permite a los usuarios hacer ajustes en sus rutinas diarias, lo que contribuye a la prevención de enfermedades crónicas, la mejora del bienestar general y la adopción de estilos de vida más equilibrados.

Además, el valor de estos dispositivos se extiende más allá del monitoreo pasivo, ya que muchos relojes de salud están equipados con alertas y funciones que pueden ser cruciales en situaciones de emergencia. Desde la detección de caídas y avisos en caso de irregularidades cardíacas, hasta la posibilidad de solicitar ayuda de forma inmediata, estos dispositivos proporcionan una capa adicional de seguridad que puede marcar una diferencia significativa en la vida de muchas personas, especialmente aquellas con afecciones médicas previas.

En este contexto, los relojes de salud han dejado de ser una simple tendencia tecnológica o un accesorio de moda. Se han convertido en herramientas esenciales dentro del campo del cuidado preventivo y la autogestión de la salud. Su capacidad para recopilar, analizar y presentar datos relevantes empodera a los usuarios, proporcionándoles el conocimiento necesario para tomar decisiones más informadas sobre su bienestar. Además, con la creciente integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, los relojes de salud están evolucionando rápidamente hacia sistemas de monitoreo aún más precisos, personalizados y proactivos.

Es en este marco de creciente relevancia de los relojes de salud y su impacto en la gestión personal del bienestar, donde se sitúa mi Trabajo de Fin de Grado (TFG). Mi investigación se

ha centrado en el estudio de los distintos relojes inteligentes de la actualidad, el análisis de datos generados por estos dispositivos, con el objetivo de explorar cómo es la información proporcionada por estos.

En conclusión, mi trabajo busca aportar al campo emergente de la salud digital, ofreciendo una visión más clara sobre el valor de los datos generados por los relojes de salud y proponiendo maneras en que estos pueden ser aplicados para mejorar la salud individual y colectiva. En las siguientes secciones, detallaré el proceso de recolección de datos y el análisis realizado, subrayando el potencial transformador de los relojes inteligentes en el ámbito de la salud y el bienestar personal.

Objetivo del trabajo de fin de grado: *Este Trabajo de Fin de Grado propone diseñar e implementar un sistema avanzado de control de salud mediante wearables, dirigido a diversos grupos de usuarios. La investigación se centrará en la creación e integración de servicios web SOA con dispositivos wearables de diferentes marcas para recopilar datos de salud y almacenarlos en un sistema de información. Dicho sistema llevará una interfaz de usuario para poder visualizar los datos captados por los wearables.*

Este era mi objetivo inicial del TFG, pero posteriormente se tuvo que descartar la posibilidad de recopilar los datos directamente de dichos dispositivos, debido a la escasez de estos y la imposibilidad de poder extraer tantos datos distintos de diferentes personas y en diferentes fechas, actividades, etc. (datos tan diversos en resumen). Por lo que, posteriormente, se decidió realizar la investigación, extracción y limpieza de datos de distintos datasets, que se detallarán en el TFG junto con el proceso de cómo fueron procesados.

Parte II.

Capítulos

1. **Án**álisis relojes actualidad

1.1. **Introducción**

En la actualidad, los relojes inteligentes (*smartwatches*) han ganado relevancia como herramientas de monitoreo de la salud. No solo permiten hacer un seguimiento de la actividad física diaria, sino que también recopilan información detallada sobre diversos parámetros biométricos, como la frecuencia cardíaca, la calidad del sueño y los niveles de oxígeno en sangre. Entre los principales fabricantes de estos dispositivos se encuentran Apple, Garmin y Fitbit, cada uno ofreciendo soluciones con diferentes características y tipos de datos que permiten a los usuarios llevar un control exhaustivo de su estado físico.

Este capítulo tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de los tipos de datos que manejan los principales modelos de relojes inteligentes, centrándonos en tres marcas representativas: Apple Watch, Garmin y Fitbit. Se describen los tipos de datos recogidos, su estructura, y las características únicas que cada dispositivo ofrece en términos de monitoreo de la salud.

Toda la documentación de los diversos dispositivos ha sido extraída de [Doc23] [app23] [fit23a] [fit23b] [Dev23] [UI23] [Pro23] [gar23a] [gar23b]

1.2. Apple Watch

El Apple Watch, a través de su integración con HealthKit, recopila una amplia gama de datos relacionados con la salud del usuario. Los tipos de datos que gestiona HealthKit están organizados en categorías específicas que permiten un análisis detallado de la salud y el estado físico. A continuación, se describen los principales tipos de datos gestionados por el Apple Watch.

1.2.1. Tipos de Datos en Apple HealthKit

Apple HealthKit clasifica los datos en diferentes tipos según la naturaleza de la información que manejan:

- **HKCharacteristicType:** Representa datos estáticos que normalmente no cambian con el tiempo. Estos datos describen características permanentes del usuario.
 - *Ejemplos:* sexo biológico, tipo de sangre, fecha de nacimiento.
- **HKQuantityType:** Identifica muestras que almacenan valores numéricos continuos o discretos. Estos datos se recopilan con frecuencia y proporcionan información cuantitativa sobre diversas métricas de salud.
 - *Ejemplos:* conteo de pasos, distancia caminada o corrida, velocidad al correr, frecuencia cardíaca, índice de masa corporal (IMC).
- **HKCategoryType:** Este tipo de dato almacena información que pertenece a una categoría específica, y se utiliza para representar eventos que se pueden clasificar dentro de un conjunto de posibles valores.
 - *Ejemplos:* hora de pie de Apple, eventos de baja condición cardio, flujo menstrual, resultado de prueba de ovulación.
- **HKCorrelationType:** Agrupa múltiples submuestras en una sola muestra para proporcionar una visión más compleja de los datos relacionados.
 - *Ejemplos:* presión arterial, donde se registran tanto los valores sistólicos como diastólicos, o los datos de alimentos, que agrupan información nutricional diversa (calorías, macronutrientes).
- **HKActivitySummaryType:** Este tipo de dato agrupa y resume la actividad física diaria, proporcionando un resumen de los movimientos y ejercicio que el usuario ha realizado a lo largo del día.
- **HKAudiogramSampleType:** Identifica muestras que contienen datos de audiogramas, permitiendo el monitoreo de la capacidad auditiva del usuario.
- **HKElectrocardiogramType:** Almacena datos relacionados con electrocardiogramas (ECG), permitiendo la detección de irregularidades en el ritmo cardíaco.
- **HKSeriesType:** Indica datos almacenados en una serie de muestras. Este tipo de datos es útil cuando se recopilan datos continuos o secuenciales a lo largo de un período de tiempo.
 - *Ejemplos:* serie de latidos del corazón, rutas de entrenamiento durante la carrera o el ciclismo.

- **HKClinicalType:** Identifica muestras que contienen datos de registros clínicos, permitiendo integrar información obtenida de instituciones médicas, como resultados de laboratorio o informes de salud.
- **HKWorkoutType:** Almacena información detallada sobre un entrenamiento, como el tipo de ejercicio, duración, distancia recorrida, calorías quemadas y frecuencia cardíaca durante la actividad.
- **HKObjectType:** Una superclase abstracta para varios tipos específicos de datos almacenados en HealthKit. Esta clase se utiliza para definir los diferentes objetos que representan tipos de datos dentro de la plataforma HealthKit.
- **HKSampleType:** Similar a *HKObjectType*, es una superclase abstracta para tipos específicos de muestras en HealthKit. Abarca varios subtipos de muestras que se pueden almacenar en la base de datos de HealthKit.
- **HKAttachment:** Representa un archivo adjunto a una muestra en HealthKit. Por ejemplo, una imagen o documento asociado a una muestra de datos clínicos o un resultado de laboratorio.
- **Exposición de Audio Ambiental:** Mide la exposición del usuario al sonido ambiental a lo largo del día. Este tipo de datos es único del Apple Watch y está diseñado para advertir sobre la exposición a niveles de ruido perjudiciales para la audición.
- **Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (SDNN):** Mide la desviación estándar de los intervalos entre latidos del corazón. Este dato es importante para evaluar la salud cardiovascular y la respuesta del sistema nervioso autónomo.
- **VO₂ Max:** Mide el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio. Este es un indicador clave del rendimiento cardiovascular y la capacidad aeróbica del usuario.

1.2.2. Características Únicas del Apple Watch

El Apple Watch se distingue por ofrecer varias características exclusivas que no están disponibles en otros dispositivos de monitoreo de salud. Las características únicas del Apple Watch incluyen:

- **Electrocardiograma (ECG):** El Apple Watch permite realizar un electrocardiograma directamente desde la muñeca. Esta función permite detectar ritmos cardíacos irregulares, como la fibrilación auricular, y es especialmente útil para el monitoreo de la salud cardiovascular.
- **Exposición al Sonido Ambiental:** El Apple Watch monitorea la exposición al ruido ambiental, alertando al usuario cuando los niveles de sonido alcanzan un umbral que podría ser dañino para la audición a largo plazo. Esta función es única del Apple Watch y está diseñada para proteger la salud auditiva.
- **Alertas de Ritmo Cardíaco Irregular:** El dispositivo ofrece notificaciones cuando detecta un ritmo cardíaco anormal, ya sea demasiado alto, bajo o irregular. Esta característica es fundamental para identificar posibles problemas cardíacos antes de que se conviertan en emergencias.

1. *Ánalysis relojes actualidad*

- **Detección de Caídas:** El Apple Watch detecta automáticamente cuando el usuario sufre una caída brusca y ofrece la opción de contactar con los servicios de emergencia si el usuario no responde en un determinado tiempo. Esta función es particularmente útil para personas mayores o con problemas de movilidad.

1.3. Garmin

Garmin es una de las marcas más reconocidas en el ámbito del seguimiento de la actividad física y la salud, destacándose especialmente por su enfoque en los deportes y en la recopilación detallada de datos de rendimiento. Garmin ofrece varios tipos de datos de salud y actividad física a través de sus APIs y SDKs, que permiten a los desarrolladores acceder a información valiosa para monitorear diferentes parámetros del cuerpo. A continuación, se describen los principales tipos de datos procesados por las plataformas de Garmin.

1.3.1. Tipos de Datos Procesados por Garmin Health API

La *Garmin Health API* permite el acceso a una variedad de datos relacionados con la salud y la actividad física del usuario. Entre los tipos de datos más importantes se incluyen:

- **Pasos:** Registro del número de pasos dados por el usuario a lo largo del día. Este tipo de dato es fundamental para medir la actividad diaria y se usa como referencia para calcular otras métricas, como las calorías quemadas.
- **Minutos de Intensidad:** Tiempo total de actividades físicas moderadas o vigorosas realizadas durante el día. Garmin clasifica estas actividades de acuerdo con la intensidad para ofrecer una visión más precisa del esfuerzo físico.
- **Sueño:** Información detallada sobre las fases y la calidad del sueño. Garmin divide el sueño en varias etapas (ligero, profundo, REM) y proporciona una visión general del descanso nocturno del usuario.
- **Calorías:** Las calorías quemadas durante las actividades diarias y deportivas. Este dato es crucial para los usuarios que desean hacer un seguimiento de su gasto energético total.
- **Frecuencia Cardíaca:** Monitoreo continuo de la frecuencia cardíaca en reposo y durante la actividad física. Garmin utiliza estos datos para calcular otros parámetros, como las zonas de frecuencia cardíaca y el esfuerzo relativo durante el ejercicio.
- **Estrés:** Nivel de estrés del usuario, calculado a partir de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Esta métrica ayuda a los usuarios a controlar su bienestar emocional y a detectar períodos de estrés elevado.
- **Pulse Ox:** Nivel de saturación de oxígeno en la sangre. Esta métrica es especialmente útil para deportistas que realizan actividades en altitudes elevadas o para personas con condiciones respiratorias.
- **Body Battery:** Estimación de los niveles de energía del cuerpo. Esta función exclusiva de Garmin calcula una batería corporal que se recarga con el descanso y se descarga con la actividad física y el estrés, proporcionando una visión holística del nivel de fatiga del usuario.
- **Composición Corporal:** Datos relacionados con la composición corporal, incluyendo la grasa corporal, la masa muscular, el porcentaje de agua en el cuerpo, entre otros. Estos datos se utilizan para dar una visión más completa del estado físico del usuario.

1. *Análisis relojes actualidad*

- **Respiración:** Tasa de respiración durante el día y el sueño. La frecuencia respiratoria es importante para monitorizar el bienestar general y detectar posibles anomalías.
- **Presión Arterial:** Registro de la presión sanguínea del usuario. Aunque no todos los dispositivos Garmin miden la presión arterial, esta es una métrica que se puede monitorear en dispositivos compatibles y a través de integración con otros equipos médicos.

1.3.2. Tipos de Datos Procesados por Garmin Activity API

La *Garmin Activity API* proporciona acceso a datos relacionados con actividades deportivas específicas, permitiendo un análisis detallado de la información sobre el rendimiento físico del usuario. Los principales tipos de datos incluyen:

- **Detalles de Actividades:** Información detallada sobre actividades específicas como correr, ciclismo, natación, yoga, y entrenamiento de fuerza. Garmin ofrece un seguimiento exhaustivo de cada tipo de actividad, adaptando las métricas y los análisis según la disciplina.
- **Archivos de Actividad:** Garmin permite el acceso a archivos de actividad en formatos como FIT, GPX, y TCX, que contienen los datos completos de las actividades realizadas por el usuario. Estos archivos incluyen información sobre la ruta, velocidad, elevación, frecuencia cardíaca, y otros parámetros clave.

1.3.3. Garmin Health SDK

Además de sus APIs, Garmin ofrece un *Software Development Kit* (SDK) que permite a los desarrolladores acceder directamente a los datos de los dispositivos Garmin. Las dos principales versiones del SDK son:

- **Standard SDK:** Permite un control total sobre los dispositivos Garmin, accediendo a los datos de salud y actividad directamente desde la aplicación móvil sin necesidad de integrar servicios web adicionales. Esto resulta útil para aplicaciones que necesitan acceder a los datos locales en tiempo real sin depender de la nube.
- **Companion SDK:** Permite la transmisión en tiempo real de datos de sensores desde los dispositivos Garmin. Con este SDK, es posible obtener datos en vivo como el conteo de pasos, la frecuencia cardíaca, los niveles de estrés, y otros parámetros mientras el usuario lleva el dispositivo puesto.

1.3.4. Características Únicas de Garmin

Garmin ofrece algunas características exclusivas que lo diferencian de otras plataformas de monitoreo de actividad física y salud. Entre ellas, destacan:

- **Body Battery:** Garmin proporciona una métrica única llamada *Body Battery*, que estima los niveles de energía del cuerpo a lo largo del día. Esta métrica se recarga con el descanso y se reduce con la actividad física y el estrés, permitiendo a los usuarios optimizar su rendimiento y descanso basándose en esta información.

- **Actividades Específicas:** Garmin ofrece un seguimiento detallado para una amplia variedad de actividades deportivas específicas, como correr, ciclismo, natación, yoga y entrenamiento de fuerza. Esta característica es especialmente útil para usuarios que practican diferentes deportes y desean obtener análisis precisos y personalizados para cada uno.
- **Presión Arterial:** Algunos dispositivos Garmin permiten la monitorización de la presión arterial, una función clave para usuarios que requieren un control constante de este parámetro. La posibilidad de rastrear la presión sanguínea directamente desde el dispositivo es un valor añadido significativo en el monitoreo de la salud.

1.4. Fitbit

Fitbit es una de las plataformas más populares para el monitoreo de la salud y la actividad física, destacándose por ofrecer una variedad de datos a través de su API web. Estos datos proporcionan una visión detallada del estado físico del usuario y permiten realizar un seguimiento exhaustivo de múltiples métricas de salud. A continuación, se ofrece un análisis de los principales tipos de datos procesados por Fitbit y las variables asociadas a cada uno de ellos.

1.4.1. Análisis de los Tipos de Datos que Procesa Fitbit

Fitbit gestiona una amplia variedad de tipos de datos relacionados con la actividad física, la salud y el bienestar general. Estos datos se organizan en diferentes categorías, cada una de las cuales incluye variables específicas que se pueden acceder a través de diversos endpoints de la API.

1.4.1.1. Datos de Actividad

Fitbit recopila datos detallados relacionados con la actividad física diaria del usuario, como los pasos, la distancia recorrida y las calorías quemadas.

- **Variables:** pasos (steps), distancia (distance), elevación (elevation), pisos subidos (floors), calorías quemadas (calories burned), minutos activos (active minutes), detalles del ejercicio (exercise details) y estadísticas de por vida (lifetime stats).
- **Endpoints:** Get Activity Goals, Get Activity Log List, Get Daily Activity Summary, Get Lifetime Stats.

1.4.1.2. Serie Temporal de Actividad

Fitbit también ofrece datos intradiarios, permitiendo a los usuarios realizar un seguimiento en tiempo real de su actividad física a lo largo del día.

- **Variables:** datos intradiarios para pasos, distancia, pisos subidos y calorías quemadas.
- **Endpoints:** Get Activity Time Series.

1.4.1.3. Mediciones Corporales

Los datos relacionados con las mediciones corporales son importantes para el seguimiento de la composición física y el progreso en términos de pérdida de peso o ganancia muscular.

- **Variables:** peso (weight), índice de masa corporal (IMC) (BMI), porcentaje de grasa corporal (body fat percentage).
- **Endpoints:** Get Body Weight, Get Body Fat Percentage.

1.4.1.4. Frecuencia Respiratoria

Fitbit ofrece datos sobre la tasa de respiración, lo cual es útil para el seguimiento de la salud respiratoria y la capacidad aeróbica del usuario.

- **Variables:** tasa de respiración (breathing rate), medida en respiraciones por minuto.
- **Endpoints:** Get Breathing Rate.

1.4.1.5. Puntuación de Fitness Cardíaca (VO2 Max)

La estimación de VO2 Max es una métrica clave del rendimiento cardiovascular, y Fitbit ofrece una puntuación de fitness cardíaca basada en este valor.

- **Variables:** estimación de VO2 Max.
- **Endpoints:** Get Cardio Fitness Score.

1.4.1.6. Frecuencia Cardíaca

Fitbit monitoriza de manera continua la frecuencia cardíaca del usuario, tanto en reposo como durante el ejercicio, y proporciona información sobre las zonas de frecuencia cardíaca.

- **Variables:** frecuencia cardíaca en reposo (resting heart rate), zonas de frecuencia cardíaca (heart rate zones), frecuencia cardíaca máxima (peak heart rate).
- **Endpoints:** Get Heart Rate, Get Heart Rate Time Series.

1.4.1.7. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV)

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) mide el tiempo entre latidos del corazón, un indicador clave de la salud cardiovascular y la respuesta del sistema nervioso autónomo.

- **Variables:** tiempo entre latidos del corazón.
- **Endpoints:** Get HRV.

1.4.1.8. Datos de Sueño

Fitbit recopila información detallada sobre las diferentes etapas del sueño y la calidad general del descanso del usuario.

- **Variables:** etapas del sueño (sleep stages) (ligero, profundo, REM), duración del sueño (sleep duration), eficiencia del sueño (sleep efficiency).
- **Endpoints:** Get Sleep Logs, Get Sleep Goals.

1.4.1.9. SpO2 (Niveles de Oxígeno en Sangre)

El nivel de saturación de oxígeno en la sangre es una métrica crucial para evaluar la salud respiratoria. Fitbit ofrece seguimiento continuo de este parámetro en dispositivos compatibles.

- **Variables:** niveles de saturación de oxígeno (oxygen saturation levels).
- **Endpoints:** Get SpO2 Data.

1. *Análisis relojes actualidad*

1.4.1.10. Temperatura

Fitbit también permite monitorear la variación de la temperatura de la piel, lo que puede ser útil para detectar cambios fisiológicos importantes.

- **Variables:** variación de la temperatura de la piel (skin temperature variation).
- **Endpoints:** Get Skin Temperature Data.

1.4.1.11. Datos de Nutrición

Fitbit facilita el seguimiento de los hábitos alimenticios y de hidratación del usuario, permitiendo un control detallado de la ingesta calórica y el balance energético.

- **Variables:** registros de alimentos (food logs), ingesta de agua (water intake), calorías consumidas frente a calorías quemadas (calories in vs. calories out).
- **Endpoints:** Get Food Logs, Get Water Logs, Get Nutrition Goals.

1.4.2. Características Únicas de Fitbit

Fitbit se destaca por ofrecer varias características exclusivas que no están presentes en otras plataformas de monitoreo de salud. Entre estas características se incluyen:

- **Tasa de Respiración:** Fitbit monitoriza la tasa de respiración del usuario, medida en respiraciones por minuto. Esta métrica es útil para evaluar la salud respiratoria y la capacidad aeróbica, y es especialmente valiosa durante el sueño para detectar posibles problemas respiratorios.
- **Registro de Alimentos:** Fitbit ofrece la posibilidad de realizar un seguimiento detallado de la ingesta de alimentos. Los usuarios pueden registrar sus comidas, controlar las calorías consumidas y hacer un seguimiento de los macronutrientes, lo que facilita el control de la nutrición y el balance energético diario.
- **Ingesta de Agua:** Fitbit permite a los usuarios llevar un registro de su consumo de agua a lo largo del día, ayudando a mantener una adecuada hidratación. Esta función es particularmente útil para quienes siguen dietas o programas de salud enfocados en la hidratación.
- **Temperatura de la Piel:** Fitbit monitoriza la variación de la temperatura de la piel del usuario, proporcionando datos valiosos sobre cambios fisiológicos que pueden estar relacionados con la salud o el ciclo menstrual. Este seguimiento es importante para detectar anomalías o cambios significativos en el estado del cuerpo.
- **Niveles de Glucosa:** Fitbit permite a los usuarios realizar un seguimiento de los niveles de glucosa en sangre (en dispositivos compatibles o mediante integración con otros sistemas), lo cual es fundamental para personas con diabetes o aquellas que necesiten monitorizar su nivel de azúcar en sangre regularmente.

1.5. Conclusión

El análisis comparativo entre los tres principales fabricantes de relojes inteligentes —**Apple**, **Garmin** y **Fitbit**— muestra que cada dispositivo tiene sus fortalezas y debilidades, así como enfoques diferenciados para el monitoreo de la salud y la actividad física. Estos relojes han revolucionado el mercado al ofrecer un acceso inmediato a información clave sobre nuestro bienestar, lo que permite a los usuarios tener un control más proactivo y personalizado de su salud. Sin embargo, cada dispositivo está dirigido a diferentes tipos de usuarios y ofrece características únicas que se alinean con necesidades específicas.

1.5.1. Apple Watch

El **Apple Watch**, gracias a su integración con HealthKit, se ha posicionado como una herramienta poderosa para el monitoreo de la salud general. Entre sus puntos más fuertes se encuentran su capacidad para realizar electrocardiogramas (ECG) y su monitoreo de la exposición al ruido ambiental. Además, sus alertas de ritmo cardíaco irregular y la detección automática de caídas son características exclusivas que refuerzan su enfoque en la salud cardiovascular y la seguridad del usuario.

Sin embargo, el **Apple Watch** está más orientado hacia el bienestar general y la salud cotidiana que al seguimiento detallado de actividades deportivas extremas. A pesar de que ofrece métricas de actividad física básicas como el conteo de pasos y la frecuencia cardíaca, no se especializa en deportes específicos de la misma manera que Garmin. Además, su autonomía de batería, generalmente limitada a un día completo de uso, es un punto débil en comparación con otros dispositivos que pueden durar varios días sin necesidad de recarga.

1.5.2. Garmin

Por otro lado, **Garmin** se ha consolidado como el dispositivo preferido para los entusiastas del deporte y los atletas serios. Una de sus principales fortalezas es su capacidad para ofrecer un seguimiento extremadamente detallado de una amplia gama de actividades deportivas, lo que lo convierte en la mejor opción para usuarios que desean datos precisos y profundos sobre su rendimiento físico en deportes como correr, ciclismo, natación o entrenamiento de fuerza.

Garmin también destaca por su métrica única de *Body Battery*, que permite a los usuarios gestionar mejor sus niveles de energía a lo largo del día, y su capacidad para medir la presión arterial en dispositivos compatibles. Estas características brindan una visión holística del estado físico del usuario y ayudan a planificar entrenamientos y momentos de descanso de manera más eficiente.

Sin embargo, **Garmin** puede ser percibido como menos accesible para usuarios que solo buscan monitorear su salud diaria y no tienen necesidades deportivas específicas. Aunque ofrece un seguimiento del sueño y la frecuencia cardíaca, su enfoque en deportes de alto rendimiento puede no ser relevante para todos los usuarios. Además, la complejidad de algunas de sus funciones puede resultar abrumadora para quienes buscan una experiencia más sencilla y directa.

1.5.3. Fitbit

Fitbit, por su parte, se ha posicionado como una opción excelente para aquellos usuarios que desean un equilibrio entre el seguimiento de la salud y la facilidad de uso. Sus puntos más fuertes radican en su capacidad para monitorear aspectos como la tasa de respiración, la temperatura de la piel y los niveles de glucosa, lo que lo convierte en una excelente opción para quienes buscan un control integral de su salud. Además, las funciones de registro de alimentos y la ingesta de agua son características únicas que facilitan el seguimiento de hábitos saludables y el balance energético.

Fitbit es también ideal para aquellos que buscan mejorar su salud a través del control de sus hábitos diarios sin enfocarse necesariamente en deportes de alto rendimiento. Su interfaz amigable y la simplicidad con la que presenta los datos lo hacen accesible a una amplia gama de usuarios, desde principiantes en el monitoreo de la salud hasta personas que requieren un control específico de su alimentación y hábitos de hidratación.

No obstante, **Fitbit** presenta algunas limitaciones en cuanto al seguimiento deportivo avanzado en comparación con **Garmin**. Aunque ofrece métricas básicas como la frecuencia cardíaca y el seguimiento de pasos, no está diseñado para proporcionar el nivel de detalle que demandan los atletas profesionales o los entusiastas de deportes específicos. Además, su capacidad para realizar mediciones avanzadas, como la presión arterial, es limitada en comparación con los otros dispositivos.

1.5.4. Comparación General

En términos generales, el **Apple Watch** se distingue por ser una opción potente para el monitoreo de la salud general y la seguridad del usuario, con características avanzadas centradas en la salud cardiovascular. Es ideal para aquellos que buscan un equilibrio entre un estilo de vida activo y la tranquilidad de recibir alertas de salud en tiempo real. No obstante, su menor duración de batería y su enfoque limitado en deportes lo hacen menos adecuado para atletas exigentes.

Garmin es la opción preferida para aquellos que buscan un análisis detallado de sus actividades deportivas. Su enfoque en deportes específicos y en métricas avanzadas como la *Body Battery* lo posiciona como el mejor dispositivo para deportistas serios. Sin embargo, su mayor complejidad y enfoque en deportes puede ser una barrera para usuarios más casuales.

Finalmente, **Fitbit** se destaca por su facilidad de uso y su enfoque en la mejora del bienestar diario a través de un control exhaustivo de la nutrición, la hidratación y parámetros clave como la tasa de respiración y la glucosa. Aunque no está tan orientado hacia el deporte de alto rendimiento como **Garmin**, su capacidad para proporcionar información integral sobre la salud diaria lo hace una opción accesible y eficaz para el usuario promedio.

1.5.5. Conclusión General

En conclusión, los relojes inteligentes de **Apple**, **Garmin** y **Fitbit** ofrecen soluciones robustas para el monitoreo de la salud, cada uno con enfoques diferentes que responden a las necesidades específicas de sus usuarios. El **Apple Watch** es ideal para quienes buscan un dispositivo de monitoreo de salud integral, con una atención especial en la seguridad y la salud cardiovascular. **Garmin** se adapta mejor a atletas y entusiastas del deporte que requieren un seguimiento avanzado de sus entrenamientos y rendimiento físico, mientras que **Fitbit** es la

opción más accesible para quienes desean un control exhaustivo de sus hábitos de vida y parámetros de salud, con un enfoque en la simplicidad y la facilidad de uso.

A medida que el mercado de los dispositivos portátiles continúa evolucionando, es probable que cada una de estas plataformas siga innovando en su oferta de características y funcionalidades. Elegir el reloj adecuado dependerá de las prioridades y necesidades individuales de cada usuario, ya sea que busquen optimizar su rendimiento deportivo, mejorar su bienestar diario o monitorizar de cerca su salud general.

2. Diseño de la Base de Datos en MongoDB

Este capítulo tiene como objetivo mostrar el diseño de la base de datos realizada en MongoDB, utilizada para almacenar los datos recopilados de los dispositivos de salud inteligentes, como el Apple Watch y Fitbit. Cabe mencionar que no ha sido posible extraer directamente los datos de estos relojes debido a la imposibilidad de acceder a dichos recursos de forma directa. Los intentos de extraer datos de los dispositivos resultaron insuficientes, ya que no se logró obtener la variedad y cantidad de datos dispersos requeridos para un análisis significativo. Por esta razón, se recurrió a la búsqueda de conjuntos de datos ya disponibles que contuvieran la información necesaria. Posteriormente, se muestra cómo se obtuvieron estos datos, cómo fueron limpiados y analizados, y finalmente cómo se insertaron en una base de datos MongoDB.

2.1. Búsqueda de Datos

Para suplir la falta de acceso directo a los datos de los dispositivos de salud, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de conjuntos de datos que pudieran cumplir con los objetivos de este estudio. Esta búsqueda se realizó a través de diversas plataformas, como Kaggle, Google Search, y páginas especializadas en tesis y estudios científicos. Se exploraron diferentes recursos para encontrar la mayor cantidad posible de datos que provinieran de relojes de salud inteligentes.

Durante esta fase de investigación, se encontraron varios conjuntos de datos, pero la mayoría no cumplían con los criterios de calidad o no tenían la diversidad de información necesaria para el análisis. Entre los conjuntos de datos disponibles, solo se consideraron realmente factibles los correspondientes al Apple Watch y Fitbit, ya que los datos de otros dispositivos no estaban disponibles o no cumplían con los requisitos de completitud y calidad para su estudio. Estos dos conjuntos de datos fueron seleccionados para el análisis, dado que proporcionaban información relevante sobre la actividad física y los parámetros de salud de los usuarios.

2.2. Limpieza de Datos

Una vez obtenidos los conjuntos de datos de Apple Watch y Fitbit, fue necesario llevar a cabo una limpieza exhaustiva para garantizar que los datos estuvieran en un formato adecuado para su posterior almacenamiento y análisis. La limpieza de datos es un paso fundamental para eliminar inconsistencias, datos faltantes y posibles errores que puedan sesgar los resultados del análisis.

Se utilizaron varios scripts de Python para transformar estos conjuntos de datos. Los scripts se encargaron de normalizar los nombres de los campos, eliminar registros incompletos, y convertir las unidades de medida para que fueran consistentes a lo largo de todo el conjunto de datos. Además, se llevaron a cabo procesos de codificación para transformar las variables categóricas en valores numéricos, lo cual facilitó el análisis estadístico y la integración en

2. *Diseño de la Base de Datos en MongoDB*

la base de datos. El objetivo principal de esta etapa fue garantizar que los datos estuvieran limpios y fueran consistentes, lo cual es esencial para obtener resultados fiables en el análisis posterior.

2.3. Almacenamiento de Datos

Tras la limpieza de los conjuntos de datos, se procedió a su almacenamiento en una base de datos NoSQL utilizando MongoDB. MongoDB fue seleccionada debido a su flexibilidad para manejar datos no estructurados y su capacidad para escalar de acuerdo con el volumen de datos. La estructura de la base de datos se diseñó de manera que cada dispositivo de salud tuviera su propia colección, almacenando información como los pasos diarios, la frecuencia cardíaca, las calorías quemadas y la distancia recorrida, entre otros.

En este contexto, se presentaron dos colecciones principales: una para los datos de Apple Watch y otra para los datos de Fitbit. Estas colecciones fueron diseñadas con el objetivo de ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a futuros cambios en la estructura de los datos o incorporar nuevos dispositivos.

A continuación se presentan las tablas con la descripción de los campos almacenados en la base de datos. Estas tablas contienen los tipos de datos utilizados en cada colección junto con una explicación detallada de cada campo.

La organización de los datos en estas colecciones permite un acceso eficiente y facilita el análisis de las relaciones entre las distintas variables de salud y actividad física. Esto es especialmente importante al considerar la gran cantidad de datos generados por los usuarios de estos dispositivos de salud inteligentes. Además, la base de datos NoSQL facilita la incorporación de nuevos tipos de datos y nuevas colecciones en caso de que se requiera ampliar el análisis en el futuro.

Dato	Descripción
Unnamed: 0	Índice de la entrada de datos, que sirve como identificador único.
age	Edad del participante en años.
gender	Género del participante, representado numéricamente (por ejemplo, 1 para hombre, 2 para mujer).
height	Altura del participante en centímetros.
weight	Peso del participante en kilogramos.
Applewatch.Steps_LE	Pasos registrados por el Apple Watch, posiblemente ajustados para una estimación logarítmica.
Applewatch.Heart_LE	Frecuencia cardíaca registrada por el Apple Watch, posiblemente ajustada para una estimación logarítmica.
Applewatch.Calories_LE	Calorías quemadas según el Apple Watch, posiblemente ajustadas para una estimación logarítmica.
Applewatch.Distance_LE	Distancia recorrida registrada por el Apple Watch, posiblemente ajustada para una estimación logarítmica.
EntropyApplewatchHeartPerDay_LE	Cálculo de la entropía de los datos diarios de frecuencia cardíaca del Apple Watch.
EntropyApplewatchStepsPerDay_LE	Cálculo de la entropía del conteo diario de pasos del Apple Watch.
RestingApplewatchHeartrate_LE	Frecuencia cardíaca en reposo registrada por el Apple Watch.
CorrelationApplewatchHeartrateSteps_LE	Correlación entre la frecuencia cardíaca y los pasos registrados por el Apple Watch.
NormalizedApplewatchHeartrate_LE	Frecuencia cardíaca normalizada a un rango específico para el análisis.
ApplewatchIntensity_LE	Intensidad del ejercicio estimada a partir de la frecuencia cardíaca y datos de movimiento del Apple Watch.
SDNormalizedApplewatchHR_LE	Desviación estándar de la frecuencia cardíaca normalizada del Apple Watch.
ApplewatchStepsXDistance_LE	Producto de los pasos y la distancia, representando el nivel de actividad del Apple Watch.
activity_trimmed	Estado de actividad categorizado del participante (por ejemplo, acostado, en movimiento, minata a ritmo propio).

Tabla 2.1.: Descripción de los datos de Apple Watch

2. Diseño de la Base de Datos en MongoDB

Dato	Descripción
Unnamed: 0	Índice de la entrada de datos, que sirve como identificador único.
age	Edad del participante en años.
gender	Género del participante, representado numéricamente (por ejemplo, 1 para hombre, 2 para mujer).
height	Altura del participante en centímetros.
weight	Peso del participante en kilogramos.
Fitbit.Steps _{LE}	Pasos registrados por el Fitbit, posiblemente ajustados para una estimación logarítmica.
Fitbit.Heart _{LE}	Frecuencia cardíaca registrada por el Fitbit, posiblemente ajustada para una estimación logarítmica.
Fitbit.Calories _{LE}	Calorías quemadas según Fitbit, posiblemente ajustadas para una estimación logarítmica.
Fitbit.Distance _{LE}	Distancia recorrida registrada por el Fitbit, posiblemente ajustada para una estimación logarítmica.
EntropyFitbitHeartPerDay _{LE}	Cálculo de la entropía de los datos diarios de frecuencia cardíaca del Fitbit.
EntropyFitbitStepsPerDay _{LE}	Cálculo de la entropía del conteo diario de pasos del Fitbit.
RestingFitbitHeartrate _{LE}	Frecuencia cardíaca en reposo registrada por el Fitbit.
CorrelationFitbitHeartrateSteps _{LE}	Correlación entre la frecuencia cardíaca y los pasos registrados por el Fitbit.
NormalizedFitbitHeartrate _{LE}	Frecuencia cardíaca normalizada a un rango específico para el análisis.
FitbitIntensity _{LE}	Intensidad del ejercicio estimada a partir de la frecuencia cardíaca y el movimiento del Fitbit.
SDNormalizedFitbitHR _{LE}	Desviación estándar de la frecuencia cardíaca normalizada del Fitbit.
FitbitStepsXDistance _{LE}	Producto de los pasos y la distancia, representando el nivel de actividad del Fitbit.
activity _{trimmed}	Estado de actividad categorizado del participante (por ejemplo, acostado, en movimiento, o inactiva a ritmo propio).

Tabla 2.2.: Descripción de los datos de Fitbit

3. Software implementado

... Introducción ...

3.1. Conexión base de datos

3.1.1. Diseño API

3.1.2. Implementación API

3.2. Visualización de datos

3.2.1. Diseño Front-End

3.2.2. Implementación Front-End

3.2.2.1. Tecnología usada

3.2.2.2. Diseño del código

Parte III.

Conclusión

A. Ejemplo de apéndice

Los apéndices son opcionales.

Este fichero `apendice-ejemplo.tex` es una plantilla para añadir apéndices al TFG. Para ello, es necesario:

- Crear una copia de este fichero `apendice-ejemplo.tex` en la carpeta `apendices` con un nombre apropiado (p.e. `apendice01.tex`).
- Añadir el comando `\input{apendices/apendice01}` en el fichero principal `tfg.tex` donde queremos que aparezca dicho apéndice (debe de ser después del comando `\appendix`).

Glosario

Monitoreo de la salud: Proceso continuo de recolección de datos relacionados con el bienestar físico y mental de un individuo, como el ritmo cardíaco, la actividad física, y la calidad del sueño.

Relojes de salud (Smartwatches): Dispositivos portátiles que integran funciones avanzadas para monitorear y analizar datos de salud.

Wearables: Dispositivos electrónicos que se llevan puestos en el cuerpo y que proporcionan funciones de monitoreo de la salud y otras capacidades tecnológicas.

Sensores de salud: Componentes electrónicos incorporados en los wearables que se utilizan para medir diferentes parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca o los niveles de oxígeno en sangre.

Calidad del sueño: Indicador del bienestar relacionado con el descanso, que puede medirse a través de parámetros como la duración del sueño y las fases de sueño.

Sistema SOA (Service-Oriented Architecture): Estilo de arquitectura de software que permite la creación de servicios web que interactúan con los dispositivos wearables para la recopilación y gestión de datos.

Datos de salud: Información recolectada de los usuarios mediante wearables, relacionada con la actividad física, el estado fisiológico, y otros aspectos de la salud personal.

Electrocardiograma (ECG): Método de monitoreo eléctrico del corazón que registra las señales eléctricas para detectar arritmias u otras irregularidades en el ritmo cardíaco. Algunos smartwatches pueden realizar un ECG directamente desde la muñeca del usuario.

Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV): Medida de las variaciones en los intervalos entre latidos consecutivos del corazón. Un alto valor de HRV indica una buena respuesta adaptativa del sistema nervioso autónomo, mientras que un valor bajo puede estar relacionado con estrés o fatiga.

Saturación de Oxígeno (SpO₂): Porcentaje de oxígeno presente en la sangre. Esta métrica se obtiene mediante sensores que miden la cantidad de oxígeno que se transporta a través de la hemoglobina. Un valor bajo de SpO₂ puede indicar problemas respiratorios o deficiencias de oxígeno.

Monitorización de Estrés: Técnica utilizada por algunos dispositivos wearables para estimar el nivel de estrés a partir de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y otras métricas fisiológicas. El propósito es ayudar al usuario a controlar mejor su bienestar emocional.

Body Battery: Métrica utilizada por algunos dispositivos Garmin que estima los niveles de energía del cuerpo a lo largo del día, basada en factores como la calidad del sueño, la actividad física y el estrés. Ayuda al usuario a gestionar su energía y programar mejor sus actividades.

Bioimpedancia (BIA): Técnica para medir la composición corporal mediante la resistencia eléctrica. Se utiliza para obtener datos sobre la masa muscular, porcentaje de grasa y agua corporal. Algunos relojes inteligentes integran esta tecnología para proporcionar un análisis más profundo de la salud física.

SDK (Software Development Kit): Conjunto de herramientas y bibliotecas que permiten a los desarrolladores crear aplicaciones específicas para dispositivos, como los wearables.

A. Ejemplo de apéndice

Los SDK permiten una mejor integración entre aplicaciones y dispositivos, facilitando la personalización del monitoreo de la salud.

Medición de la Presión Arterial: Algunos dispositivos wearables tienen la capacidad de medir la presión arterial del usuario mediante el uso de sensores especiales. Este dato es importante para el monitoreo de la salud cardiovascular.

VO₂ Max: Máxima cantidad de oxígeno que el cuerpo puede utilizar durante el ejercicio. Es un indicador clave del rendimiento cardiovascular y la capacidad aeróbica del usuario. Los relojes inteligentes pueden estimar este valor basándose en los datos de frecuencia cardíaca y la intensidad de la actividad.

API (Interfaz de Programación de Aplicaciones): Conjunto de definiciones y protocolos que permiten la comunicación entre diferentes aplicaciones y dispositivos. Las APIs de salud permiten a los desarrolladores acceder a datos biométricos de los wearables para crear soluciones más personalizadas y eficientes.

Bibliografía

- [app23] Apple healthkit data types. https://developer.apple.com/documentation/healthkit/data_types, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [Dev23] Fitbit Developer. Fitbit web api reference. <https://dev.fitbit.com/build/reference/web-api/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [Doc23] Apple Developer Documentation. Data types | apple developer documentation. https://developer.apple.com/documentation/healthkit/data_types, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [fit23a] Fitbit web api documentation. <https://dev.fitbit.com/build/reference/web-api/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [fit23b] Fitbit web api endpoints. <https://dev.fitbit.com/build/reference/web-api/explore/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [gar23a] Garmin health api data types. <https://developer.garmin.com/gc-developer-program/health-api/data-types/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [gar23b] Garmin health api overview. <https://developer.garmin.com/gc-developer-program/health-api/overview/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [Pro23] Garmin Developer Program. Garmin connect developer program | health api. <https://developer.garmin.com/gc-developer-program/health-api/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].
- [UI23] Swagger UI. Explore fitbit web api. <https://dev.fitbit.com/build/reference/web-api/explore/>, 2023. [Recurso online, accedido el 14 de octubre de 2024].