



# Universidad Europea

**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**PROYECTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**SAFE BREATH**

CLARA AIBAR ÁLVAREZ

IGNACIO DE LLANO VARELA

ALEJANDRO GONZÁLEZ CANALES

MARÍA MÁRQUEZ LUQUIN



SAFE BREATH  
HEALTHCARE

**CURSO 2021-2022**

# Índice

<b>Índice</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo 1. RESUMEN DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos del proyecto	3
1.4 Estructura del proyecto	3
<b>Capítulo 2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
2.1 Contexto	4
2.2 Estado del arte	5
<b>Capítulo 3. OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
3.1 Objetivos generales	9
3.3 Beneficios del proyecto	9
<b>Capítulo 4. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>11</b>
4.1 Metodología y herramientas empleadas	11
4.1.1 Github	15
4.1.2 Trello	15
4.1.3 Herramientas de programación	15
4.1.4 Sensores	16
4.1.5 Arduino	19
4.1.6 Bases de datos	19
<b>Capítulo 5. Planificación del proyecto</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 6. PRESUPUESTO</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo 7. Equipo de trabajo</b>	<b>23</b>
<b>REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>24</b>



---

## Capítulo 1. RESUMEN DEL PROYECTO

### 1.1 Planteamiento del problema

Las enfermedades pulmonares afectan cada vez a más personas, especialmente a personas mayores, y de forma más grave. La asistencia sanitaria en la mayoría de países no está preparada para sustentar la atención médica periódica que requieren este tipo de enfermedades, lo que tiene como consecuencia que los pacientes queden desatendidos y que no se detecten a tiempo posibles agudizaciones de su enfermedad. Esto afecta gravemente a su calidad de vida y a la evolución de la enfermedad.

Se necesita reorganizar la atención neumológica mediante la aplicación de la teleasistencia para así proporcionar un seguimiento adecuado al paciente, disminuir y optimizar los tratamientos y reducir el gasto sanitario.

### 1.2 Objetivos del proyecto

El siguiente proyecto se enfoca a conseguir una mejora en la calidad de vida de personas que padecen enfermedades pulmonares mediante una telemonitorización continua y personalizada para un seguimiento óptimo de la enfermedad. Esta monitorización permitirá a su vez la detección de posibles exacerbaciones. Además, conseguiremos una optimización de los recursos y, por lo tanto, una reducción de costes a nivel sanitario.

### 1.4 Estructura del proyecto

- Capítulo 3 Objetivos: En este apartado se describen detalladamente tanto el objetivo general como los objetivos específicos.
- Capítulo 4 Metodología: En este capítulo se indica la metodología que seguiremos y se explicarán las herramientas tecnológicas y de programación de las que haremos uso
- Capítulo 5 Planificación del proyecto: Aquí mostraremos una representación visual de la planificación temporal de nuestro trabajo con un diagrama de Gantt
- Capítulo 6 Presupuestos: En este capítulo haremos una estimación del precio del desarrollo de nuestro trabajo, costes materiales humanos etc.
- Capítulo 7 Equipo de trabajo: En este apartado presentaremos a cada miembro del grupo con su respectivo trabajo y responsabilidades en el mismo.

## Capítulo 2. INTRODUCCIÓN



---

## 2.1 Contexto

La cobertura de la atención neumológica en muchos países de la UE es insuficiente y seguirá deteriorándose en los próximos años. Alemania es un ejemplo paradigmático, ya que cuenta con la peor cobertura neumológica de la UE, con 0.6 neumólogos por cada 100.000 habitantes. Los datos resultan impactantes, sobre todo si se comparan con los de otros países, como por ejemplo los de Grecia que cuenta con 13.2 neumólogos por cada 100.000 habitantes . [18]

Esta insuficiente atención médica se ve agravada por el hecho de que el número de pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, así como el de pacientes con fibrosis pulmonar o cáncer de pulmón, seguirá aumentando con el tiempo. Tanto, que la OMS pronostica que sólo la EPOC será la tercera causa de muerte en 2050. [19] Estos pacientes necesitan un control periódico de su patología para comprobar cómo evoluciona. Las dos patologías más graves relacionadas, la EPOC grave y el asma inestable, requieren una atención aún más exhaustiva, ya que si se da un empeoramiento del diagnóstico, es necesario reaccionar rápidamente mediante una intervención de emergencia y, en su caso, con la hospitalización del paciente.

Otros aspectos importantes que se suman a la problemática son la evolución demográfica y el aumento de la polimorbilidad de las personas de edad avanzada. En Europa se prevé que en 2030 aumente la proporción de personas mayores de 65 años de un 15% hasta un 23,5%, del cual el 6,4% serán mayores de 80 años [20].

Estos datos se ven agravados por la deficiente accesibilidad a los servicios hospitalarios, especialmente para los pacientes que viven en ciudades pequeñas o rurales.

Todo esto tiene asimismo un gran impacto en el gasto sanitario. Los costes derivados de enfermedades pulmonares suponen un porcentaje muy alto del total destinado a la sanidad. Sólo los dedicados a la EPOC suponen 238,82 millones de euros al año en España. Es muy interesante que de ese total el 35% se debe a consultas y el 7% a ingresos hospitalarios, los cuales se podrían reducir y evitar muy fácilmente mediante la implantación de la TLMD [21].

En definitiva, es necesario repensar y reorganizar la atención neumológica. Esto se conseguiría habilitando un mejor acceso a la atención sanitaria mediante la integración de la telemedicina, especialmente a pacientes de edad avanzada y enfermos crónicos. A largo plazo se puede llegar a una solución del problema si se organiza el tratamiento *in situ* junto con el médico de cabecera utilizando opciones telemédicas.

## 2.2 Estado del arte

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**EPOC** - Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica




---

**AEPOC** - Acerbaceracion de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

**HULP** - Hospital Universitario de la Princesa

**RR** - Respiratory Rate o frecuencia respiratoria.

**HR** - Heart Rate o frecuencia cardiaca

**CC** - Convencional Care o cuidado convencional

**TH** - Telehealth o telecuidado

**PROMETE** - Proyecto Madrileño Sobre el Manejo de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica Con Telemonitorización a Domicilio. (Multicentre Project on the Home Telemonitoring of Patients With Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease)

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es la tercera causa de mortalidad por enfermedad en el mundo. Esta enfermedad no tiene cura, pero sí es previsible y existe un tratamiento para detener su progresión. Los costes de la atención a pacientes con EPOC sobre todo se ven reflejados en las exacerbaciones. Según el estudio de J. Escabarril Costes sanitarios de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) <sup>13</sup> el coste generado por pacientes diagnosticados con EPOC aumentará en los próximos años. Este estudio recoge datos proporcionados por Strassels et al <sup>9</sup>, los cuales dictan que el 68% de los gastos están invertidos en las hospitalizaciones y que el 12% de los pacientes genera el 57% de las hospitalizaciones y el 60% de las visitas a urgencias. Por lo tanto, mediante la reducción de los días de estancia, se conseguiría una optimización en los recursos.

La inversión en modelos innovadores para el cuidado de los pacientes con EPOC a distancia es necesario para detectar EPOC en un estadio temprano y poder reducir la progresión de la enfermedad. Gracias a programas de telemonitorización se han reducido el número y el tiempo de estancia, así como las visitas a urgencias <sup>11</sup>.

En el Remote Patient Monitoring Technologies for Predicting Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbations: Review and Comparison <sup>7</sup>, estudio publicado en mayo de 2020 por JMIR mHealth and uHealth, se debate sobre cuáles son los mejores dispositivos para conseguir una monitorización óptima. Los biomarcadores más útiles son la saturación de oxígeno, la frecuencia respiratoria (RR) y la frecuencia cardiaca (HR). Medir estos biomarcadores de forma remota ha permitido disminuir la carga tanto a nivel de hospitalizaciones como a nivel económico. Tras realizar el estudio se llegó a la conclusión de que no todos los aparatos médicos utilizados en una clínica se podrían extrapolar al uso telemédico, ya que los resultados no serían fiables. Las cuatro variables a tener en cuenta dentro de este estudio fueron la habilidad de monitorizar las señales de una posible exacerbación mediante los biomarcadores, el coste, la facilidad de uso y la apariencia, no tanto a nivel estético, sino a la comodidad de uso.

Device	Forecasting ability	Cost	Ease of use	Appearance
<b>Handheld</b>				
Spirometer	★	\$99-\$2500	★	★★★
Pulse oximeter	★	\$15-\$599	★	★
Propeller Health sensor	★	unlisted	★★★	★★★
Cohero Health kit	★★★	\$49/mo	★★★	★★★
<b>Hands-free</b>				
Spry Health Loop System	★★★★★	unlisted	★★★★★	★★★★★
Omron HeartGuide	★★★	\$499	★★★★★	★★★★★
Spire Health Tag	★★★★★	\$49	★★★	★★★
Cosinuss One	★	\$146.50	★★★	★★★
Current Health Armband	★★★★★	\$199 + \$40/mo	★★★	★
Adamm RSM	★★★★★	unlisted	★★★★★	★★★★★

Fig. 1

[7]( Eysenbach, G., 2020. *Remote Patient Monitoring Technologies for Predicting Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbations: Review and Comparison.* )

Aunque se han desarrollado programas de telecuidado o teleasistencia para la EPOC, ninguno se ha aplicado a pacientes con una severa obstrucción pulmonar o con comorbilidad o serias limitaciones en su día a día. Sicotte et al.<sup>12</sup> demuestra que la telemedicina incrementa la satisfacción del paciente así como su autonomización

PROMETE<sup>10</sup> es un proyecto llevado a cabo por Pneumology Service La Princesa Institute for Health Research (IP)Hospital Universitario de la Princesa, Madrid, Spain,Linde Healthcare, The Linde Group, Spain,Epidemiology and Clinical Research Program, CIMERA, Bunyola, Illes Balears, Spain Goya Primary Care Center, Spain,Montesa Primary Care Center, Spain,Hospital Universitario de la Princesa, Madrid, Spain Department of Medical Research and Documentation, Hospital Universitario de la Princesa, Madrid, Spain<sup>10</sup>. En este proyecto se compara un tratamiento convencional con un tratamiento telemédico. El proyecto estaba principalmente coordinado por el servicio de neumología del Hospital Universitario La Princesa(HULP). Los pacientes del HULP se dividieron en dos grupos, grupo de asistencia telemedica (TH) y el grupo de asistencia convencional (CC). Todos los subgrupos estaban formados por personas con características similares (nivel económico, misma zona geográfica, nivel cultural ...).

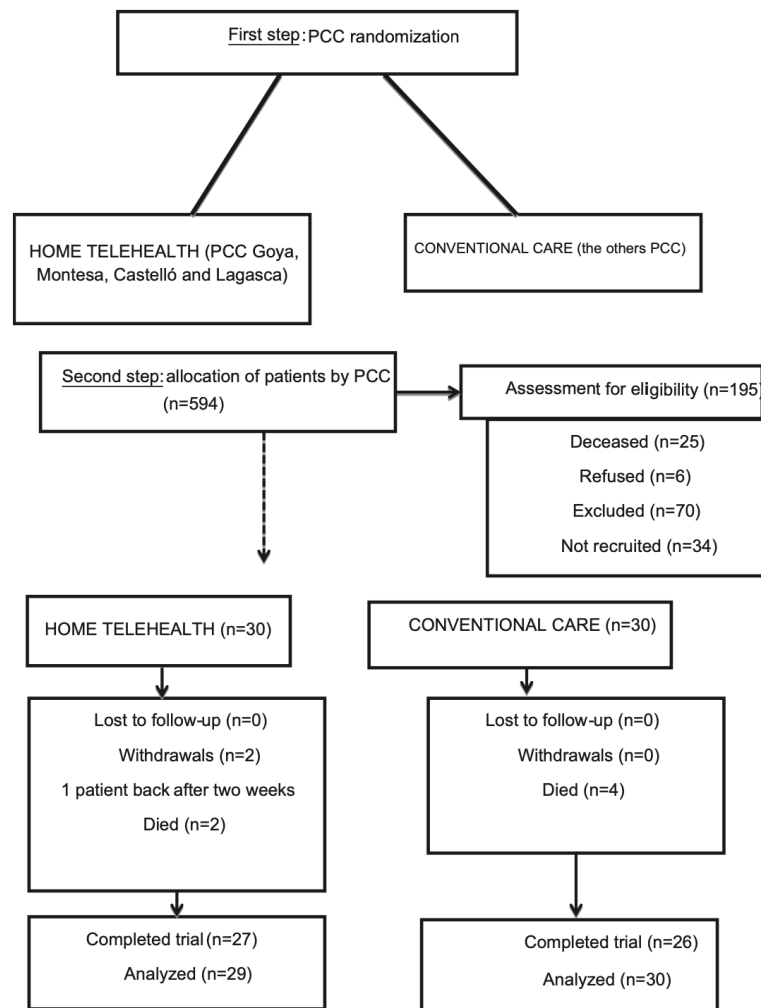


Fig. 2 Esquema de funcionamiento de PROMETE

[10] Segrelles, G. and Gómez, C., 2013. *A home telehealth program for patients with severe COPD: the PROMETE study*. [PDF] ResearchGate. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/259518819\\_A\\_home\\_telehealth\\_program\\_for\\_patients\\_with\\_severe\\_COPD\\_the\\_PROMETE\\_study](https://www.researchgate.net/publication/259518819_A_home_telehealth_program_for_patients_with_severe_COPD_the_PROMETE_study) [Citado 31 Octubre 2021].

El programa PROMETE se basa en el seguimiento diario de pacientes con EPOC desde sus casas mediante la monitorización de los siguientes parámetros: presión sanguínea, saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria. De martes a viernes todos los datos eran recogidos y durante el fin de semana el neumólogo analizaba todos los datos recogidos. Durante la duración de este estudio también se recogieron el número de visitas, el número y duración de las hospitalizaciones, el número de visitas a urgencias y la necesidad de admisión a la UCI de ambos grupos. Los información recogida se clasificaba como un sistema de semáforo:

- Verde: las medidas están bien tomadas y están en los límites predefinidos.
- Amarilla: las medidas no están bien tomadas o la información no se ha recibido correctamente.
- Roja: las medidas exceden los límites fijados anteriormente para cada paciente.

En el grupo con una monitorización normal (CC), se hizo una primera visita al comienzo del proyecto y una al final. La primera visita se realizó en la casa del paciente y se recogieron los datos necesarios para los parámetros: presión sanguínea, pulsioximetría y frecuencia cardíaca. Tras esta primera visita los pacientes eran controlados por llamadas telefónicas. Tras siete meses de duración, estos fueron los resultados:

	HT	CC
Visitas a urgencias	20	57
Hospitalizaciones	12	33
duración de hospitalización	105	276
muertes	2	4

Fig. 3 Resultados obtenidos en el proyecto PROMETE  
 [10] Segrelles, G. and Gómez, C., 2013. *A home telehealth program for patients with severe COPD: the PROMETE study*. [PDF] ResearchGate. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/259518819\\_A\\_home\\_telehealth\\_program\\_for\\_patients\\_with\\_severe\\_COPD\\_the\\_PROMETE\\_study](https://www.researchgate.net/publication/259518819_A_home_telehealth_program_for_patients_with_severe_COPD_the_PROMETE_study) [Citado 31 Octubre 2021].

Un gran inconveniente que concierne a estos programas es la selección de pacientes ya que no todos están capacitados para participar. La mayoría de pacientes con enfermedades pulmonares son personas de la tercera edad, lo que quiere decir que tienen mayor probabilidad de padecer defectos en su visión, audición, etc que pueden afectar al rendimiento de los programas TH.

La implementación de programas HT en el ámbito médico es necesaria para conseguir una optimización de recursos y calidad del servicio prestado a los pacientes. Es necesario decir que los programas HT han de ser compatibles y complementarios con los centros médicos, centros especializados, hospitales y sobre todo sanitarios.

## 2.3 Planteamiento del problema

La solución que proponemos para mejorar el contacto médico-paciente y la rapidez y eficacia de actuación, es hacer uso de la tele monitorización mediante diversos sensores que recopilan la información de las constantes del paciente.

Los parámetros que medirán los sensores son: la saturación de oxígeno en sangre, la difusión de monóxido de carbono en una inspiración, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal. Todos los parámetros medidos tendrán unos límites





---

preestablecidos. Si alguno es inferior o supera estos límites fijados saltará una alerta. De esta manera, se podrá detectar precozmente una exacerbación.

Con la recopilación continua de estos datos y su simple accesibilidad, lograremos facilitar el trabajo de los sanitarios y su rapidez y eficacia de actuación. Gracias a esto, se reducirían costes y sobre todo se liberaría espacio necesario para hospitalizaciones y urgencias.

Desde la aplicación creada, los sanitarios tendrán acceso a los datos personales del paciente así como de todos los datos monitorizados en tiempo real.

## Capítulo 3. OBJETIVOS

### 3.1 Objetivos generales

El objetivo principal del presente trabajo es la recopilación de datos médicos de pacientes con enfermedades pulmonares (principalmente EPOC, fibrosis pulmonar y cáncer de pulmón) mediante la TLMD para mejor seguimiento de la enfermedad y la detección de posibles agudizaciones en pacientes con asma inestable o variantes crónicas de la enfermedad (EPOC grave).

### 3.2 Objetivos específicos

Existen tres objetivos principales que se quieren obtener con el proyecto.

El primero consiste en mejorar la calidad de vida de los pacientes con enfermedades respiratorias por medio de una mejora del contacto médico-paciente, lo que además permite tanto al paciente como a sus familiares y cuidador tener un mayor conocimiento de su condición y de su estado de salud.

El segundo trata de la posibilidad de detectar precozmente las posibles agudizaciones de enfermedades crónicas, como la EPOC grave, para poder iniciar tempranamente con el tratamiento y mejorar así la evolución y reducir el ingreso hospitalario del paciente. Además, al acortar los tiempos de reacción, se evitaría la necesidad de hospitalización y se reduciría al mínimo la intensidad y duración de los tratamientos.

El tercero sería la gran reducción de costes de asistencia sanitaria que tendría como consecuencia la telemonitorización de las enfermedades, principalmente por tres motivos: sustituir las consultas periódicas necesarias en pacientes con enfermedades respiratorias por la TLMD; la reducción de ingresos hospitalarios en pacientes con EPOC grave y asma inestable y la optimización de los tratamientos.

### 3.3 Beneficios del proyecto



---

Como ya hemos mencionado anteriormente con este proyecto queremos aportar una mejora de vida a los pacientes que padecen este tipo de enfermedades mediante un mejor contacto médico-paciente y un seguimiento personalizado. Con esto no solo conseguimos beneficios dirigidos al paciente, sino que a su vez los sanitarios y hospitales conseguirán una mayor (eficiencia, rentabilidad).

Los beneficios que ofrece nuestro programa se podrían clasificar en ventajas dirigidas a pacientes, sanitarios o a los hospitales:

#### Pacientes

- Permite un seguimiento continuo y personalizado.
- Aporta una tranquilidad tanto a los pacientes como a sus familiares o cuidadores, ya que gracias a este proyecto se podrían detectar precozmente las exacerbaciones.
- Beneficio a los pacientes con una localización geográfica alejada del hospital.
- Los pacientes tienen posibilidad de una segunda opinión ya que diversos tipos de médicos colaboran en el análisis de datos.

#### Sanitarios

- Cuentan con más datos y elementos de juicio, por lo tanto se reduce el riesgo profesional
- Un especialista puede atender a más pacientes de distintas zonas geográficas.
- Optimización del tiempo laboral.
- Al ser necesaria la coordinación entre la sanidad primaria y especializada, los casos de telemonitorización pueden ser debatidos por diversos tipos de profesionales.
- 

#### Hospitales

- Los sanitarios pueden ser destinados a otras labores médicas.
- Mayor cobertura de esta enfermedad
- Optimización de recursos. Permite una liberación de espacio en las hospitalizaciones, así como en una reducción de visitas a urgencias o ingresos en la UCI, que se podría destinar a otros pacientes. Lo que induce al siguiente beneficio.
- Reducción de costes



## Capítulo 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1 Metodología y herramientas empleadas

Para la realización de este ambicioso proyecto la metodología de trabajo de la que haremos uso será una metodología ágil, la metodología scrum. Este método de trabajo se ajusta a nuestra situación actual, ya que nuestro objetivo es realizar el proyecto en un espacio de tiempo de menos de un año. Al ser un proyecto no muy extenso en el tiempo y ser un equipo reducido, la metodología scrum es un total acierto. Además, es mucho más flexible a cambios y tolerable a errores por su estructura de trabajo por ciclos o sprints, si se detecta un error se puede volver hacia atrás para corregirlo o incluso sólo para añadir cosas nuevas que se hayan decidido posteriormente. Usaremos esta estructura de trabajo, ya que también nos permite establecer metas, lo cual es un punto a favor a la hora de la organización y a la hora de repartir los trabajos. Además, es muy efectivo el hecho de ir recibiendo feedbacks sobre nuestro trabajo según vaya avanzando el proyecto para posibilitar el poder añadir cosas nuevas o corregir errores. Asimismo, como equipo de desarrollo queremos participar todos de forma consistente y activamente en el proyecto, por lo que este método de trabajo es idóneo al permitir a cualquier miembro del grupo participar abiertamente en cada sprint y proponer ideas nuevas.


Durante este proyecto vamos hacer uso de diversas herramientas tecnológicas, utilizaremos algunas herramientas para la organización y división de nuestro trabajo como grupo y para hacer un seguimiento de la evolución de él, así como para habilitar la sugerencia de nuevas ideas. Esto se podría hacer sin la ayuda de herramientas tecnológicas, pero nos permitirá hacer el trabajo de forma mucho más ágil y ahorrar mucho tiempo. También utilizaremos herramientas de programación y entornos de desarrollo para la parte del proyecto que implique programar la aplicación, que estará relacionado con otra herramienta para el diseño gráfico de la aplicación.

A continuación, mostramos las interfaces que tiene la aplicación:

#### 1. Menú inicial.





## 1. Login.





SAFE BREATH  
HEALTHCARE


 Nombre de usuario


 Contraseña

## 2. Registro (interfaz igual para todos los usuarios).





SAFE BREATH  
HEALTHCARE

REGISTRO CUIDADOR

Los campos marcados por asterisco \* son obligatorios rellenarlos

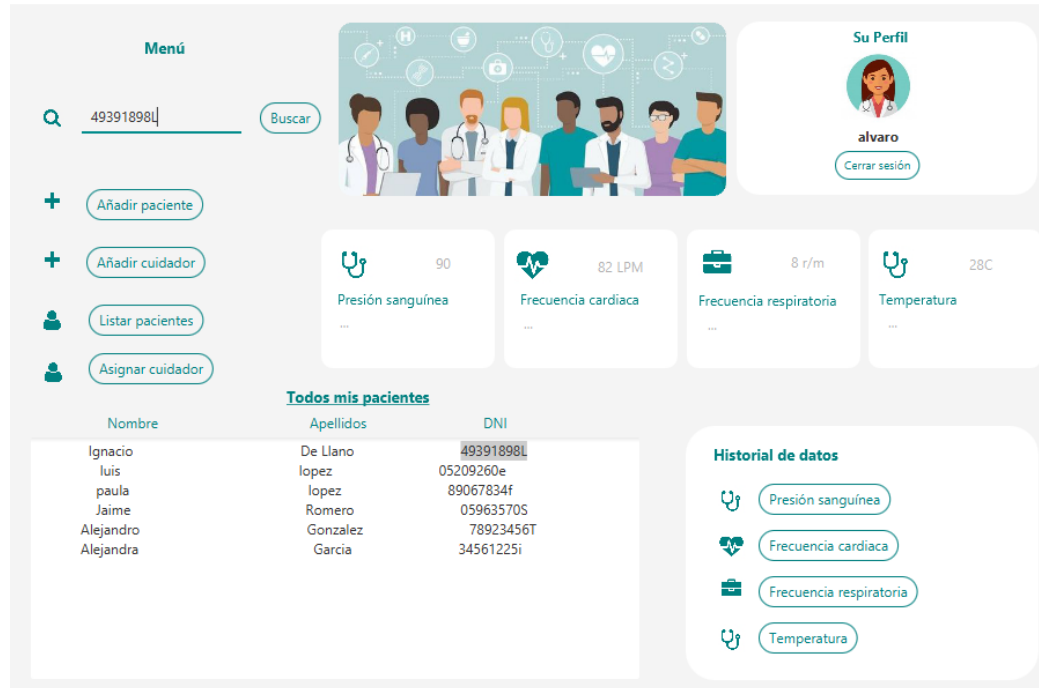
Nombre\*
  Apellidos\*
  DNI\*
  Teléfono\*
  Nombre de usuario\*
  Contraseña\*
 

Fecha de nacimiento

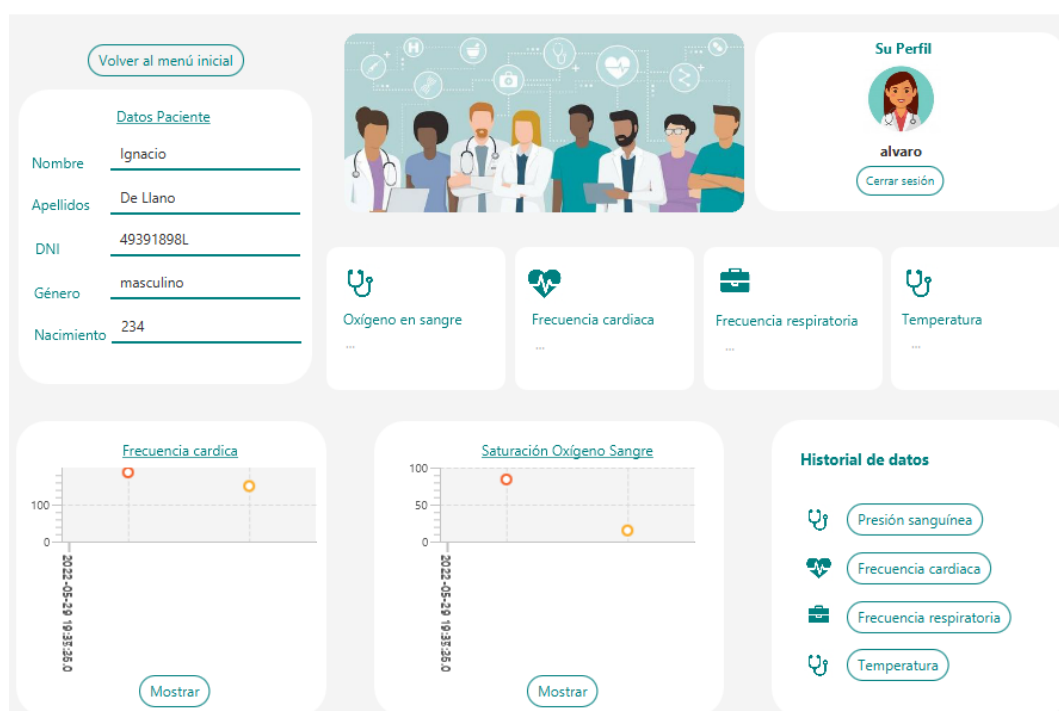


### 3. Menú principal del médico.

La primera imagen muestra la pantalla principal del médico al realizar la función de listar los pacientes correspondientes del médico, todavía no se muestran los datos de ningún paciente, ya que no se ha seleccionado ninguno.



En la segunda imagen se muestra el menú del médico al haberse buscado un paciente. Se presentan los datos del paciente, sus valores médicos más recientes y dos gráficas. Además, puede acceder al historial de todos los sensores.





#### 4. Ventana de asignación de cuidadores a pacientes (opción mostrada en la ventana principal del médico).

ASIGNACIÓN CUIDADORES

Listar cuidadores
Listar pacientes

Introduzca los DNIs del cuidador y el paciente  
que quiera asociar

DNI cuidador
DNI paciente

Asignar

Volver

#### 5. Menú principal del cuidador.

La primera imagen muestra la pantalla principal del cuidador. Todavía no se muestran los datos de ningún paciente, ya que no se ha seleccionado ninguno.

**Menú**

Buscar

Listar pacientes

**Su Perfil**

Cerrar sesión

90

Presión sanguínea

82 LPM

Frecuencia cardíaca

8 r/m

Frecuencia respiratoria

28C

Temperatura

**Pacientes**

**Rendimiento de frecuencia cardíaca**

**Historial de datos**

Presión sanguínea

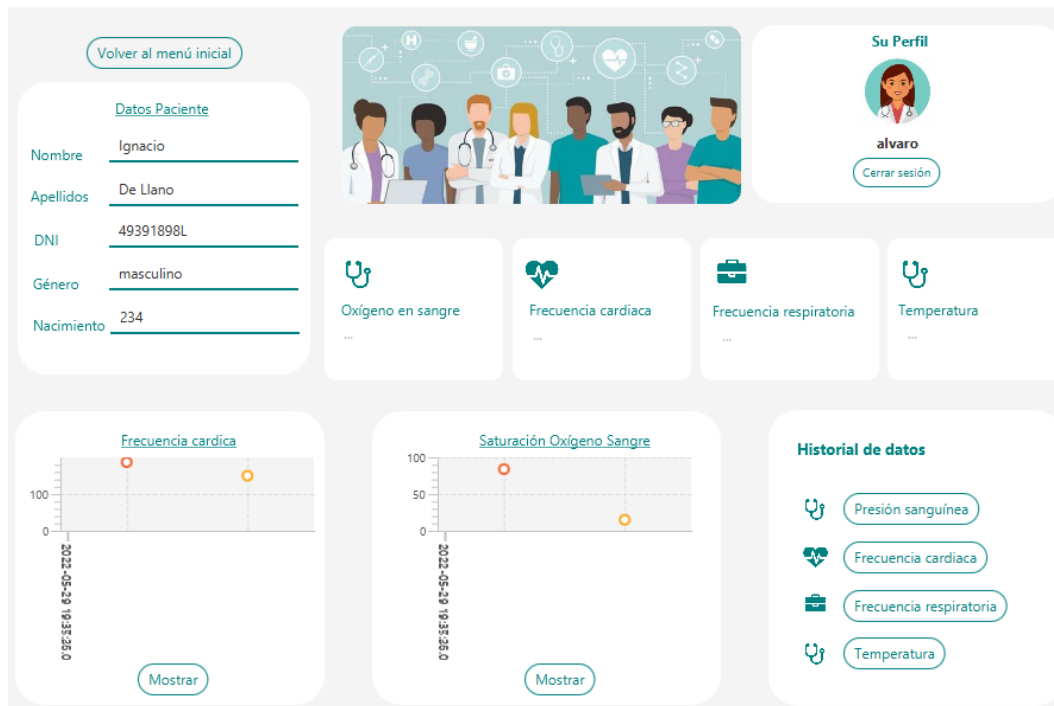
Frecuencia cardíaca

Frecuencia respiratoria

Temperatura

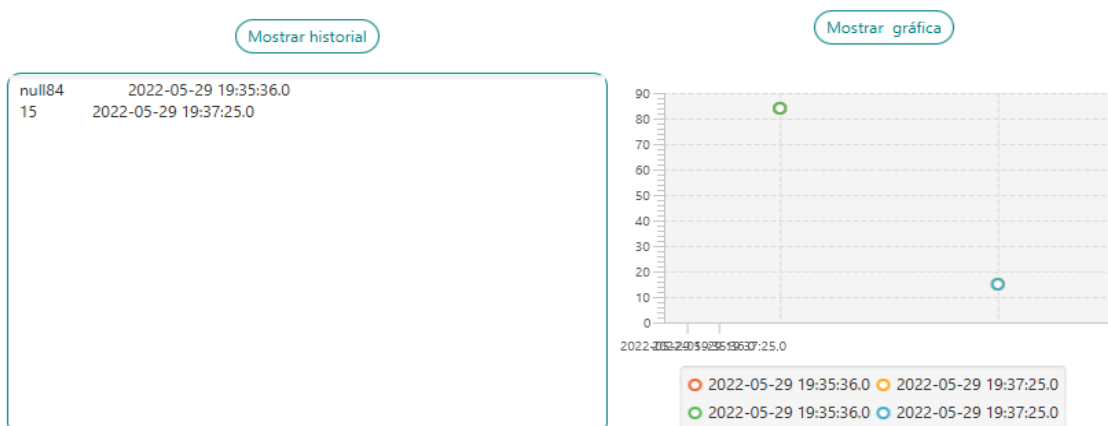


En la segunda imagen se muestra el menú del cuidador al haberse buscado un paciente. Se presentan los datos del paciente, sus valores médicos más recientes y dos gráficas. Además, puede acceder al historial de todos los sensores.



## 6. Historial y gráficas de los sensores.

### Registro del oxígeno en sangre del paciente



## 7. Ventanas de error de login, registro y campos sin rellenar.



¡Archivo no encontrado!

Asegúrese de seleccionar un paciente

[Volver atrás](#)



¡Algo ha salido mal!

Asegúrese de introducir un nombre de usuario  
y contraseña correctos

[Volver al login](#)



¡Algo ha salido mal!

Asegúrese de rellenar todos los campos correctamente

[Volver atrás](#)





---

### 4.1.1 Github

Para la gestión del trabajo y para la creación de nuestro código fuente utilizaremos GitHub, una plataforma de desarrollo colaborativa, lo que quiere decir que varias personas podrán trabajar simultáneamente sobre lo mismo. Esta plataforma es muy útil para el desarrollo de herramientas y aplicaciones, nosotros utilizaremos GitHub para el desarrollo de nuestro código fuente y para tener un control de versiones del mismo, nos permitirá trabajar en el código desde cualquier sitio en cualquier momento y a cualquier miembro del equipo, además tiene un sistema inteligente que se autocorrigue y auto ordena cuando se sube una nueva parte del código. Estas habilidades las tendrá Git, uno de los sistemas de control que tiene Github implementados. Al tener un repositorio de versiones también será muy útil si algún miembro del equipo quiere revisar algo en concreto, ya que le permitirá abrir y descargar ese código y modificar o copiar antiguas versiones del mismo. Esta plataforma, además, protege el código de problemas al trabajar simultáneamente por medio de su sistema de pull y push, mediante el cual previene futuros problemas a la hora de juntar el trabajo individual de cada miembro del grupo y evita confusiones y errores en el programa. Esta aplicación también nos servirá para comunicarnos mientras trabajamos en el proyecto permitiendo conversar desde dentro de GitHub y dejar notas o comentarios a los demás miembros del grupo.

### 4.1.2 Trello

Para la organización temporal de nuestro trabajo, el reparto de tareas, estipulación de fechas límite y para poder hacer un seguimiento de la evolución de nuestro trabajo usaremos trello, un software de administración de proyectos que nos permitirá dividir nuestro trabajo por etapas, ordenar el trabajo por hacer y asignarle una fecha de vencimiento. En trello tenemos un equipo llamado SafeBreath y dentro de éste tendremos tableros dentro de los cuales podremos crear diferentes listas en las cuales podremos añadir las tarjetas que serán las actividades individuales. Con esta estructura de almacenamiento de la información y gracias a la vista de tablón de trello y a sus diseños gráficos tendremos una visión general de cuál es la situación del proyecto, lo que nos permitirá organizarnos y prever inconvenientes con mucha antelación.

### 4.1.3 Herramientas de programación

El desarrollo de esta aplicación lo vamos a realizar con el lenguaje de programación java, un lenguaje de programación que nos permitirá crear aplicaciones informáticas mediante la programación orientada a objetos y que nos permitirá ejecutar nuestro programa y código en diversos sistemas operativos, lo cual nos dará una mayor flexibilidad. Concretamente nos descargamos Java en la versión 1.8 para evitar problemas de compatibilidad entre dispositivos. Para funcionar utilizaremos la plataforma de software Eclipse, que es un entorno de desarrollo integrado o IDE en el que utilizaremos java. Para realizar nuestra aplicación también haremos uso de Java FX en la versión 3.3.0, la cual es una plataforma que utilizaremos junto con java y permite desarrollar aplicaciones web o con características de escritorio, lo que las harán mucho más intuitivas y atractivas visualmente con la ayuda de Scene builder, una herramienta de diseño visual que nos permitirá realizar fácilmente interfaces para los distintos usuarios y para mostrar los datos y, en conclusión, hacer



---

experiencia de trabajo más rápida a la vez que intuitiva y atractiva para el usuario. Para la óptima compatibilidad del resto de nuestros sistemas utilizaremos la versión 2.0.

#### 4.1.4 Sensores

En este trabajo lo que vamos a hacer es hacer un seguimiento a pacientes que tengan una probabilidad de convertirse en pacientes de riesgo, como personas que tienen una EPOC pero todavía han desarrollado una EPOC grave o no tiene la sintomatología de que la EPOC le esté causando otros fallos en su organismo que puedan resultar en la muerte del paciente como una infección de pulmón.

Para ello nuestro trabajo consistirá en recopilar parámetros de los pacientes que puedan ser cruciales a la hora de diagnosticar esto, los parámetros que mediremos serán: Saturación de oxígeno en sangre, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, difusión de monóxido de carbono y volumen espiratorio máximo por segundo o Vems.

**Temperatura:** La temperatura corporal es uno de los parámetros clave a la hora de estudiar pacientes con EPOC ya que muchas veces el agravamiento de la enfermedad, debido a la poca fuerza que le quedan a los pacientes para respirar y la pérdida de flexibilidad de los pulmones, la mucosa se queda acumulada en las vías respiratorias sin tener capacidad por parte del paciente de moverlas y renovarlas, lo que generalmente desemboca en una infección pulmonar, la cual puede causar como método de defensa del cuerpo, una fiebre, la cual sí que podemos detectar fácilmente. El modelo de sensor que utilizaremos será LM35 LM35DZ TO-92.

**Frecuencia respiratoria:** En enfermedades respiratorias lo normal es que la absorción de oxígeno por inspiración sea menor de la necesitada en un caso normal, por lo que para que el paciente consiga la cantidad de oxígeno en sangre necesaria para sobrevivir, deberá hacer una mayor cantidad de inspiraciones por unidad de tiempo, consiguiendo así la cantidad de oxígeno en sangre que necesita y resultando en una elevación de la frecuencia respiratoria. Para medirla utilizaremos un micrófono modelo KY-037.

**Frecuencia cardíaca:** En pacientes con enfermedades respiratorias el problema más común es la debilitación del paciente. Esto suele acarrear que el paciente no sea capaz de liberar sus conductos respiratorios como es la tráquea de sustancias como el moco, y por consiguiente, estos desechos provoquen una infección respiratoria. Esta y otras causas más de infección hacen que el cuerpo responda con el sistema inmune por lo que manda células inmunológicas hacia la zona afectada. Para una mayor rapidez el cuerpo se autorregula y crea situaciones como subidas de temperatura, fiebres y aumento de la frecuencia cardíaca. Lo mediremos a la vez que la saturación de oxígeno con un pulsioxímetro MAX30102.

**Saturación de oxígeno en sangre:** La saturación de oxígeno se podría decir que es el parámetro que mejor relaciona está directamente con el nivel de gravedad de la enfermedad pulmonar, ya que cualquiera de las características mencionadas anteriormente se ve supeditada a la cantidad de oxígeno en sangre. Una mala cicatrización, un problema de difusión de gases, un nivel elevado de carboxihemoglobina en sangre, una infección pulmonar, una debilitación general del paciente que desemboque en una mala inspiración y



---

expiración, todas estas características derivan en una disminución de los niveles de oxígeno en sangre, por lo que será un parámetro clave a medir.

### 4.1.5 Arduino

El arduino es una herramienta de software libre la cual permite crear objetos electrónicos interactivos.

Para poder llevar a cabo nuestra aplicación utilizaremos un pack de arduino. Este pack consiste en un Relé de 5V, un módulo de fuente de alimentación, un servomotor y una placa de desarrollo de prototipos, además de otros muchos componentes como pueden ser cables, sensores etc.

Para emplear estos sensores de arduino es necesario emplear un módulo con Wi-fi/Bluetooth, específicamente el ESP32, el cual se compone de unos microcontroladores que tienen un coste y un consumo muy bajo. Tiene un sistema en chip con Bluetooth y Wi-fi, lo que permite controlar muchos tipos de sensores como los que vamos a emplear en nuestro proyecto.

### 4.1.6 Bases de datos

Una base de datos se define como el almacenamiento estructurado y organizado de datos o información de forma electrónica en un sistema informático. Las bases de datos son controladas por sistemas de gestión de bases de datos (*DBMS*).

Para poder facilitar acciones, ya sea modificar, actualizar, controlar y organizar los datos, así como consultarlos, el lenguaje más utilizado es SQL (*Structured Query Language*). El SQL estándar no cubre todas las necesidades tecnológicas demandadas por empresas, así que para solucionar este problema se desarrollaron nuevas ampliaciones como por ejemplo SQLite.

Las bases de datos nacieron de la necesidad de almacenar cantidades masivas de datos a los que pudieran acceder varios usuarios.

Las hojas de cálculo son una buena opción si se quiere almacenar una cantidad relativamente pequeña de datos y si estos datos van a ser consultados o manipulados por un único usuario o por un grupo reducido.

Para nuestro proyecto hemos optado por usar bases de datos, ya que necesitamos almacenar una cantidad masiva de datos recolectados por cada uno de nuestros sensores.

La herramienta que vamos a utilizar para la gestión de bases de datos es SQLite.





---

#### 4.1.7 Base de datos de SafeBreath

La base de datos de SafeBreath se compone de 9 tablas distintas. Estas se pueden separar en login, usuarios y sensores:

**Login:**

La tabla de login es donde se almacenan 3 parámetros: el usuario, la contraseña y el tipo de usuario. Esta tabla nos permite comprobar las credenciales para luego posteriormente abrir el menú correcto dependiendo del tipo de usuario.

**Usuarios:**

La tabla del médico nos permite almacenar todos los datos personales del médico, pero lo más importante es que la primary key (id\_M) nos permite enlazar al médico con sus distintos pacientes.

La tabla de cuidador nos permite almacenar todos los datos personales del cuidador, pero lo más importante es que la primary key (id\_C) nos permite enlazar al cuidador con el paciente.

La tabla de paciente nos permite almacenar todos los datos personales del paciente, pero lo más importante es que la primary key (id\_P) nos permite enlazar al paciente con el cuidador y su foreign key (id\_M) nos permite enlazar al paciente con su médico con una relación de 1-N.

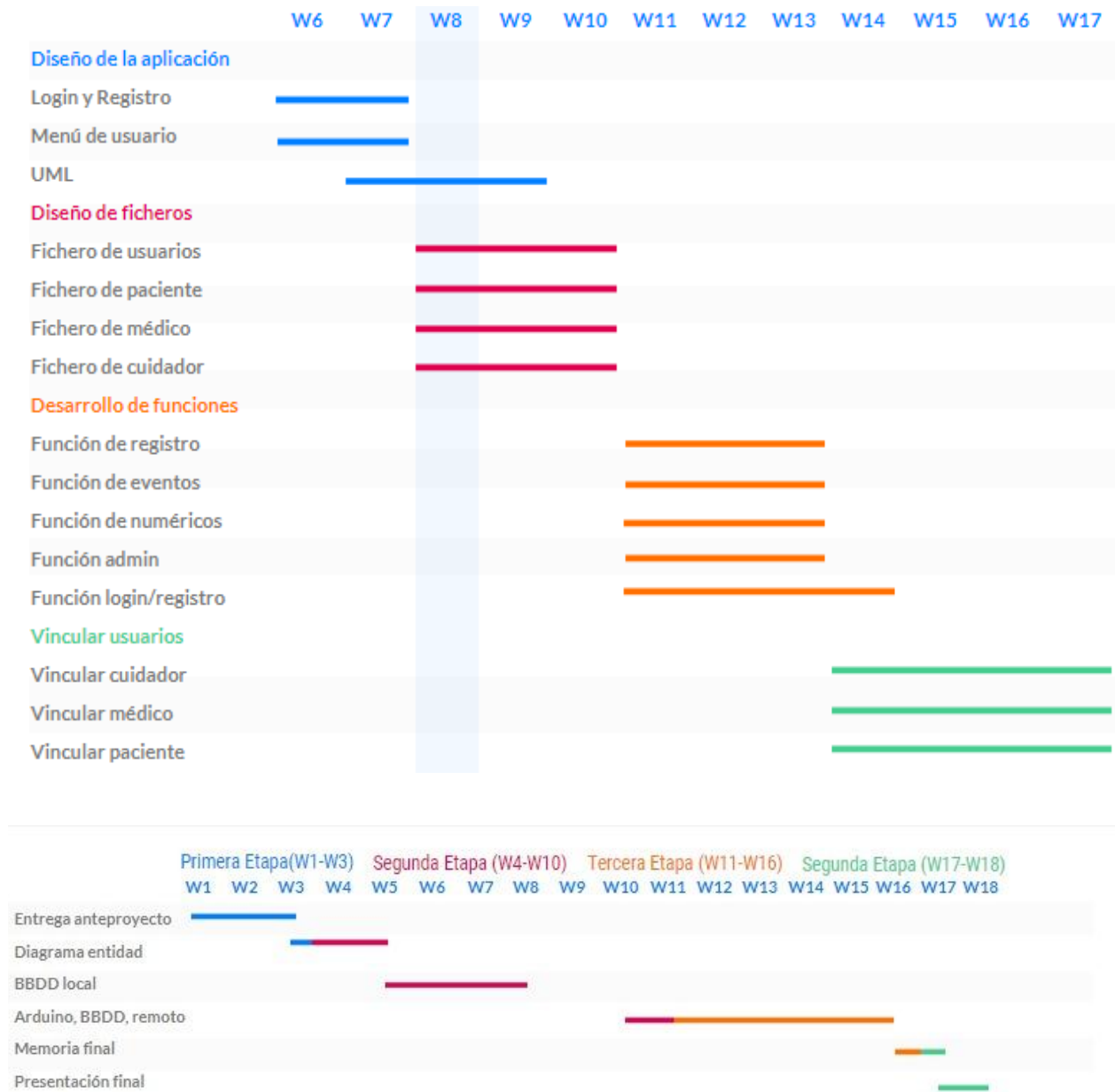
La tabla supervisa, nos permite establecer una relación N-N entre pacientes y cuidadores, en ella se guardan tanto el id del paciente como la de su cuidador.

**Sensores:**

Las últimas 4 tablas son únicas para cada uno de los sensores, lo que tienen todas en común es que guardan el id del paciente como una foreign key lo que nos permite saber a que paciente está asignado.



## Capítulo 5. Planificación del proyecto



Como se puede ver en el diagrama de Gantt hemos dividido todas las tareas en distintas fases que representan los distintos sprints.

El primer sprint será el de diseño de la aplicación. En él nos encargaremos de sentar las bases de nuestra aplicación y de la parte visual de la misma.



---

En el segundo sprint nos encargaremos de diseñar los diferentes ficheros que utilizaremos tanto para recopilar los datos proporcionados por los sensores como para controlar la información necesaria de los usuarios.

El tercer sprint consiste principalmente en el desarrollo de la aplicación. En este sprint nos centraremos fundamentalmente en programar las diferentes funciones que requerirán los usuarios.

El cuarto sprint se basa en terminar todo el código y cerciorarse de que todos los usuarios están vinculados correctamente con el sistema y sus funciones.

Este diagrama resume las tareas imprescindibles que debemos realizar. La información detallada acerca de los sprints y de estas tareas se encuentra en el product backlog.

## Capítulo 6. PRESUPUESTO



Tipo de coste	Valor	Comentarios
Horas de trabajo en el proyecto	648 h	Se destinan una media de 9 horas semanales durante 17 semanas que es la duración del proyecto
Equipo técnico utilizado	6,17 €/h	El equipo utilizado en este proyecto consiste en portátiles, los cuales suman un valor aproximado de 1000 € cada uno sumando un total de 4000€ el conjunto. Si dividimos el precio final del equipo entre las horas totales de proyecto, saldría a 6,17€ hacer uso del equipo por hora.
Software utilizado	IDE Eclipse: 0 € SceneBuilder 2.0: 0 € Github: 0 € Trello: 0 € Java 1.8: 0 € JavaFX 3.3.0: 0 € JFoenix: 0 €	Todos los software de aplicación necesarios para el desarrollo del proyecto se encuentran disponibles gratuitamente en internet.
Estudios e informes	0 €	Toda la documentación de la cual hemos extraído la información, se encuentra disponible gratuitamente en internet.



Materiales empleados	<p>-Pack Arduino 41,99 €</p> <p>-Placa de desarrollo ESP32-CH0102X: 3,58 € por ud., en total 14,32.</p> <p>-Pulsioxímetro MAX30102: 1,38 € por ud., en total 8,28 €</p> <p>-Sensor de temperatura LM35 LM35DZ TO92 TO-92: 1,04 € por ud., en total 5,2 €</p> <p>-Sensor de detección de sonido KY-037: 0,31 € por ud, en total 1,55 €</p> <p>-Gastos de envío: 11,55 €</p>	<p>Necesitaremos Arduino para la realización del proyecto así como sensores compatibles con este. Los sensores escogidos nos permiten controlar la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno en sangre y mediante el sensor de temperatura incluido en Arduino, además de la temperatura, la frecuencia respiratoria</p>
----------------------	--	---





---

## Capítulo 7. Equipo de trabajo

La empresa SafeBreath está formada por cuatro integrantes:


- Clara Aibar Álvarez como analista funcional y programadora
- Ignacio De Llano Varela analista funcional y programador
- Alejandro González Canales como consultor y programador
- María Márquez Luquin como consultora y programadora

---

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] PubMed.gov. 2016. *A home telehealth program for patients with severe COPD: the PROMETE study*. [En línea] Disponible en: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24433744/>> [Citado 30 Octubre 2021].
- [2] ResmedJournal. 2018. *A multicentre, randomized controlled trial of telehealth for the management of COPD*. [En línea] Disponible en: <[https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111\(18\)30314-7/pdf](https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111(18)30314-7/pdf)> [Citado 30 Octubre 2021].
- [3] Walderico, G., 2013. *TELEMONITORIZACIÓN DOMICILIARIA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA GRAVE*. [PDF] Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en: <[https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/13641/64115\\_segrelles%20calvo%20gonzalo%20walderico.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/13641/64115_segrelles%20calvo%20gonzalo%20walderico.pdf?sequence=1)> [Citado 30 Octubre 2021].
- [4] Garcia, A., 2015. *Madrid Project on the Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease With Home Telemonitoring - Full Text View - ClinicalTrials.gov*. [En línea] Clinicaltrials.gov. Disponible en: <<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02499068>> [Citado 31 Octubre 2021].
- [5] unilibre.edu.co. 2015. *EPOC Ocupacional: Una revisión sistemática*. [En línea] Disponible en: <[https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc\\_salud\\_ocupa/article/view/4876](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc_salud_ocupa/article/view/4876)> [Citado 31 Octubre 2021].
- [6] BMJ. 2012. *Effect of telehealth on use of secondary care and mortality: findings from the Whole System Demonstrator cluster randomised trial*. [En línea] Disponible en: <<https://www.bmj.com/content/344/bmj.e3874>> [Citado 31 Octubre 2021].
- [7] Eysenbach, G., 2020. *Remote Patient Monitoring Technologies for Predicting Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbations: Review and Comparison*. [En línea] NCBI. Disponible en: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7273236/>> [Citado 31 Octubre 2021].
- [8] Archivos de Bronconeumología. 2017. *Esquema de seguimiento de la EPOC estable*. [En línea] ELSEVIER. Disponible en: <<https://www.archbronconeumol.org/es-esquema-seguimiento-epoc-estable-articulo-S0300289617303629>> [Citado 31 Octubre 2021].



- 
- [9] Strassels, S., Smith, D., Sullivan, S. and Mahajan, P., 2001. *The costs of treating COPD in the United States*. [En línea] PubMed.NCBI. Disponible en: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11171708/>> [Citado 31 Octubre 2021].
- [10] Segrelles, G. and Gómez, C., 2013. *A home telehealth program for patients with severe COPD: the PROMETE study*. [PDF] ResearchGate. Disponible en: <[https://www.researchgate.net/publication/259518819\\_A\\_home\\_telehealth\\_program\\_for\\_patients\\_with\\_severe\\_COPD\\_the\\_PROMETE\\_study](https://www.researchgate.net/publication/259518819_A_home_telehealth_program_for_patients_with_severe_COPD_the_PROMETE_study)> [Citado 31 Octubre 2021].
- [11] Yohannes A. Telehealthcare management for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Expert Rev Respir Med* 2012;6:239e42.
- [12] Sicotte C, Pare G, Morin S, Potvin J, Moreault M-P. Effects of home telemonitoring to support improved care for chronic obstructive pulmonary disease. *Telemed J E Health* 2011;17: 95e103.
- [13] J. Escarrabill, «Costes sanitarios de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC),» *Elsevier*, vol. 39, nº 10, p. 435436, Octubre 2003.
- [14] Guides.github. 2020. *Hello World · GitHub Guides*. [En línea] Disponible en: <<https://guides.github.com/activities/hello-world/>> [Citado 30 Octubre 2021].
- [15] Muradas, Y., 2020. *Qué es Trello, características y ventajas*. [En línea] OpenWebinars.net. Disponible en: <<https://openwebinars.net/blog/que-es-trello/>> [Citado 30 Octubre 2021].
- [16] Fernández, Y., 2019. *Qué es Github y qué es lo que le ofrece a los desarrolladores*. [En línea] Xataka. Disponible en: <<https://www.xataka.com/basics/que-github-que-le-ofrece-a-desarrolladores>> [Citado 30 Octubre 2021].
- [17] Neodatex, 2020. *TRELLO TUTORIAL PARA PRINCIPIANTES*  2021 - ESPAÑOL. [vídeo] Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=-gEyupoyf8Y>> [Citado 30 Octubre 2021].
- [18]
- [19] 2010, Informe anual del Sistema Nacional de Salud. Observatorio del Sistema Nacional de Salud. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Disponible en: [www.msc.es](http://www.msc.es). [Citado 21 Octubre 2021].



---

[20] 2002, Yach D, Hanks D, Gould D, Hofman K. The global burden of chronic diseases. JAMA 2002;291:2616-22. [Citado 21 Octubre 2021].

[21] 2009, Ancochea J, Badiola C, Duran-Taulería E, García-Río F, Miravittles M, Muñoz L, et al. Estudio EPI-SCAN: resumen del protocolo de un estudio para estimar la prevalencia de EPOC en personas de 40 a 80 años en España. Arch Bronconeumol. [Citado 22 Octubre 2021].

<https://www.oracle.com/es/database/what-is-database/>

<https://desarrolloweb.com/home/lenguaje-sql>

<https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>

