



Documentación del proyecto

Lourdes Badillo, A01024232

Martha del Río, A01023890

Valeria Pineda , A01023979

Eduardo Villalpando, A01023646

Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe

4 de diciembre de 2020

Índice

Inicio	4
Descripción	4
Requerimientos de usuario	4
Requerimientos del sistema	4
Requerimientos funcionales	4
Requerimientos no funcionales	4
Escenario del proyecto	5
Estudio de referencias	5
Propuesta	6
Planeación	7
Stakeholders	7
Project Charter	7
RAIDs	8
Calendarización	10
Gestión del proyecto	10
Ejecución	10
Antena WiFi	11
Sensor de ritmo cardiaco	11
Sensor de nivel de oxigenación	11
Software de recopilación	11
Software de análisis	11
Base de datos	11
Prototipo	12
Monitoreo y Control	12
Desarrollo inicial de la base de datos	12
Agregar datos prueba por medio de Python	13
Agregar datos de los sensores	13
Visualización de los datos generados	13
Conclusiones y aspectos finales del proyecto	15
Conclusiones	15
Requerimientos de software	15
Circuitos y arquitectura booleana	15
Arquitecturas y hardware	15
Software	15
Riesgos/Limitaciones y nuestras soluciones	15
Cálculo de la saturación del oxígeno	15
Conocimiento sobre el hardware	15
La situación global de la actualidad	16

Aplicaciones futuras	16
Repositorio de Github	16
Referencias	17

1. Inicio

1.1. Descripción

A finales del 2019, se registró en Wuhan, China el primer caso de SARS-CoV-2, conocido coloquialmente como nuevo coronavirus o simplemente COVID-19. En pocos meses se esparció por todo el mundo, ocasionando una pandemia con millones de muertos. Se recomienda a la población vigilar de cerca su salud para poder detectar cualquier síntoma. Por ello se propone elaborar un dispositivo que monitoree signos vitales tales como frecuencia cardiaca y nivel de oxigenación sanguínea y detecte anomalías.

1.2. Requerimientos de usuario

Son las características que el usuario necesita.

1. Tener un medidor de nivel de saturación de oxígeno en la sangre y pulsaciones cardíacas.
2. Que se indique cualquier anomalía en estos niveles y qué puede significar.
3. Que puedan observarse datos históricos estadísticos de forma intuitiva.
4. Identifica si los niveles de oxigenación y pulso cardiaco son óptimos.
5. El registro debe ser rápido y puede realizarse varias veces.

1.3. Requerimientos del sistema

Son necesarios para cumplir con las características propias del producto.

1. Cada persona que usa el producto tiene un usuario y contraseña, con lo cual tiene ciertos permisos para ver y cambiar los datos.
2. Mostrar los datos recuperados de cada medida en tiempo real y el historial y si existe alguna anomalía.
3. Tener una interfaz que le dé instrucciones al usuario para tomar sus medidas en el Arduino.

1.4. Requerimientos funcionales

Explican la funcionalidad que debe tener el producto.

1. Si hay más de una medición por persona al día hacer un promedio de dichos datos para enseñar en el historial.
2. Guardar datos de cada persona por 3 meses (una medición por día).
3. Enseñar información de la base de datos de manera local usando el programa Tableau.
4. Tener un módulo ESP8266, un módulo KY-039, y un módulo MAX30102.
5. Cada hogar tiene un usuario administrador que puede cambiar los permisos de cada usuario.

1.5. Requerimientos no funcionales

Describen las limitaciones y expectativas del proyecto.

1. Restringir consultas a la base de datos a 2GB
2. Guardar menos de 1 kB de datos en la memoria EEPROM del Arduino

3. Establecer comunicación de dispositivos en red mediante protocolo TCP/IP
4. Usar 6 o menos puertos analógicos y 14 o menos puertos digitales en el Arduino
5. Registrar datos del Arduino en una base de datos usando MySQL.
6. Tener documentación clara

1.6. Escenario del proyecto

El producto está orientado a ser utilizado por consumidores dentro del hogar. Por lo tanto, debe tener un tamaño compacto y no requerir de equipo adicional. Igualmente, su uso debe ser sencillo. El dispositivo permitirá realizar muestras una o varias veces al día y subirlas a una base de datos para su análisis.

Primero, el dispositivo debe estar conectado a una fuente de alimentación de energía. Tras encenderlo, el usuario tendrá la opción de seleccionar su número de usuario (esto debido a que se busca un solo dispositivo por vivienda, y a modo de poder realizar un análisis personalizado para cada usuario).

Posteriormente, el usuario pondrá su dedo sobre el sensor hasta que en la pantalla aparezca el valor obtenido. Aparecerá primero el valor de pulso cardíaco y unos segundos después, el valor de oxigenación sanguínea. De manera automática se subirán los datos recabados a la base de datos.

En cualquier momento, el usuario podrá ingresar a la plataforma web con su nombre de usuario y contraseña para poder consultar todos los registros que existan hasta la fecha. La interfaz deberá presentar una gráfica con información estadística, así como un promedio de los datos e indicaciones de comportamiento inusual.

1.7. Estudio de referencias

La investigación de productos similares en el mercado es valiosa, debido a que nos permite identificar aquellos aspectos que son de importancia para el consumidor. Además, de esta manera podemos evaluar qué propuesta única de valor podemos proporcionar, es decir, cuál es nuestro diferenciador con otros productos y servicios existentes.

Los productos que investigamos y sus características pertinentes fueron los siguientes:

1. Medidor de glucosa

Son medidores de glucosa enfocados en pacientes con diabetes. Para medir estos niveles se utiliza un sensor circular que se mantiene en el brazo. Con un lector manda los datos a una aplicación al celular. Este sistema tiene una manera muy poco intrusiva de tomar mediciones con el usuario, lo cual mejora radicalmente la experiencia del usuario.

2. Oxímetro

- ▶ Medidor de saturación de oxígeno en la sangre
- ▶ La interfaz de este dispositivo es muy clara y cualquiera es capaz de entenderla
- ▶ Presenta un diseño amigable y moderno que lo hace intuitivo
- ▶ Existen formas de ser utilizado por adultos y bebés

3. Termómetro

- ▶ Permite medir la temperatura de forma sencilla
- ▶ La pantalla muestra un color diferente de acuerdo con el color

4. Apple Watch

- ▶ Sensores de ritmo y oxigenación
- ▶ Recomendaciones de salud
- ▶ Diseño poco intrusivo. No se siente como un dispositivo médico

A partir de esto, establecimos que en el desarrollo de nuestra solución, busquemos enfocarnos en diversos pilares de la experiencia que brindaremos al usuario:

1. Sencillez de uso
2. Los datos se transmiten utilizando un lenguaje claro y poco técnico
3. Los datos se presentan usando una interfaz amigable
4. Uso intuitivo
5. Diseño que no intimide

Nuestro objetivo es desarrollar un producto que le permita a familias mantener un registro de síntomas que pueden estar relacionados con COVID-19. Estar en esta situación es bastante estresante por sí sola, es por esto que debemos desarrollar una experiencia que no genere un estrés adicional. Además, se requiere tener la información de manera muy clara y entendible, para que sean conscientes de las circunstancias en las que se encuentran.

1.8. Propuesta

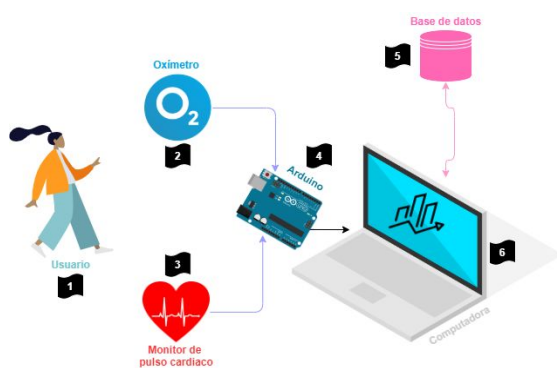


Figura 1: Visualización del funcionamiento de la propuesta.

Paso 1. El usuario decide medir su oxigenación y pulsaciones.

Paso 2. Usa el oxímetro primero.

Paso 3. Procede a usar el monitor cardíaco.

Paso 4. El arduino recibe los datos y los envía a la computadora por wifi.

Paso 5. Los datos históricos son almacenados en la base de datos.

Paso 6. Se crean gráficos de monitoreo con los datos del usuario.

2. Planeación

2.1. Stakeholders

Por medio del proceso de ingeniería de requerimientos, identificamos que los stakeholders de este proyecto son los profesores Jorge, Angélica, Gualberto y Octavio del bloque, así como los miembros de este equipo y nuestras familias. Los profesores son los que crearon ciertas especificaciones del proyecto. Nuestro equipo se encarga del diseño y el desarrollo del producto, al igual que de su uso. Nuestras familias también serán los clientes que utilizarán el producto final.

2.2. Project Charter

Realizamos un project charter para asegurarnos de comprender los objetivos y alcances del proyecto.

Tabla 1. Objectives
Contexto: Este proyecto consta de un sistema que le permita a familias llevar un registro de sus niveles de oxigenación y ritmo cardíaco, debido a la pandemia que estamos viviendo. Objetivos: <ol style="list-style-type: none">1. Crear una interfaz clara, donde se muestre la información importante medida por el dispositivo.2. Dar mediciones confiables usando medios no invasivos y fáciles de entender por cualquier persona.3. Tener las solución lista para la semana del 30 de noviembre.

Tabla 2. In Scope
<ul style="list-style-type: none">- Desarrollo de la base de datos- Interfaz gráfica- Prototipo con Arduino
Tabla 3. Out of Scope
<ul style="list-style-type: none">- Aplicación móvil- <i>Wearable</i>

Tabla 4. Assumptions
Los usuarios cuentan con una computadora y el dispositivo para hacer las mediciones.
Los usuarios no tienen características médicas anómalas.

Tabla 5. Stakeholders	
Nombre(s)	Rol(es)
Eduardo Villalpando, Lourdes Badillo, Martha del Río, Valeria Pineda	Desarrolladores
Angélica, Gualberto, Jorge, Octavio	Consultores
Familias de los miembros del equipo	Usuarios Beta

Tabla 6. Risks/Issues/Challenges/Dependencies	% de que suceda	Tipo
Corto en los sensores, compuertas, cables	Alto	Riesgo de tecnología
Falla en el protoboard	Medio	Riesgo de tecnología
Corrupción de los datos en base de datos	Bajo	Riesgo de herramientas
Insuficiencia de tiempo	Medio	Riesgo de estimación
Los sensores no muestran los valores correctos	Bajo	Riesgo de tecnología
Algún integrante del equipo no se encuentra en las condiciones óptimas para el desarrollo	Bajo	Riesgo personal
Cambio de periodo de tiempo en el que se guardan los datos	Bajo	Riesgo de requerimientos
El programa excede las capacidades de almacenamiento del hardware	Bajo	Riesgo de estimación
Momentos de torpeza de algún miembro del equipo, rompiendo algún componente electrónico	Alto	Riesgo personal
Azure	–	Dependencia
Costo de base de datos	–	Issue

Tabla 7. Key Milestones			
No.	Key Milestones	Due Date	Status
1.	Desarrollo de la base de datos y conexión a Azure	15/11	Listo
2.	Implementación de sensores y hardware	20/11	En proceso
3.	Lectura de los datos de los sensores	29/11	En proceso
4.	Visualización de los datos	30/11	No empezado
5.	Presentación del producto terminado	04/12	No empezado

2.3. RAIDS

Hicimos un análisis RAID, para evaluar las posibles situaciones que podrían afectar el desarrollo del proyecto.

Tabla 8. RISKS		
Área / Function	Description	Mitigation Plan
Tecnología	Corto en los sensores, compuertas, cables	Sustituir la parte dañada con las partes extras de los miembros del equipo.
Tecnología	Falla en el protoboard	Identificar que no se haya dañado ningún otro componente, y sustituir.
Herramientas	Corrupción de los datos en	Tener respaldos constantes en documentos .mysql y usar

	base de datos	respaldos locales si Azure quiebra.
Estimación	Insuficiencia de tiempo	Usar una metodología de trabajo paralela.
Tecnología	Los sensores no muestran los valores correctos	Asegurar que los sensores estén calibrados correctamente y que no tengan alguna falla.
Personal	Algún integrante del equipo no se encuentra en las condiciones óptimas para el desarrollo	Pedirle un link al integrante del tema en el que se estaba enfocando para continuar lo que se estaba haciendo.
Requerimientos	Cambio de periodo de tiempo en el que se guardan los datos	Aumentar la capacidad de la base de datos y modificar el funcionamiento del programa.
Estimación	El programa excede las capacidades de almacenamiento del hardware	Mover ciertas variables a la memoria flash y simplificar (en la medida de lo posible) la lógica.
Personal	Momentos de torpeza que rompan algún componente electrónico	Tratar cuidadosamente con el producto desarrollado.

Tabla 9. ASSUMPTIONS

Área / Function	Description	Mitigation Plan
Planeación	Los usuarios cuentan con una computadora y el dispositivo para hacer las mediciones.	Conseguir una computadora en la nube o un equipo de bajo costo
Planeación	Los parámetros del usuario se encuentran dentro del promedio	Guardar variaciones clínicas en otra tabla
Planeación	El usuario puede leer correctamente	Implementar características de accesibilidad

Tabla 10. ISSUES

Área / Function	Description	Mitigation Plan
Tecnología	Costo de base de datos	Establecer límites de uso y gestionar de forma efectiva la información.
Requerimientos	Diseño intimidante e incómodo	Minimizar el uso de cables
Estimación	Mucha información en la base de datos	Almacenar promedios diarios en lugar de cada registro
Requerimientos	Mala toma de datos	Escribir un manual de usuario, para que se usen los sensores de manera correcta y los datos almacenados sean correctos. Se puede implementar una función que detecte datos anómalos.

Tabla 11. DEPENDENCIES		
Área / Function	Description	Mitigation Plan
Organizacional	Azure	Usar los respaldos en caso de que sea necesario migrar a otro servicio de almacenamiento.
Tecnología	Python/MySQL	Actualizar librerías.
Tecnología	Arduino	Verificar que todos los drivers estén bien instalados.

2.4. Calendarización

Desarrollamos un plan de trabajo por medio de la aplicación Miro, para establecer las actividades que debemos lograr por semana y quién está a cargo de que se cumplan las mismas.



Figura 2. Calendarización de actividades en Miro.

2.5. Gestión del proyecto

Para la gestión del proyecto, hicimos un tablero en Trello, donde establecimos los recursos y stakeholders y dividimos las tareas en: por hacer, pendientes, bloqueadas y hechas.

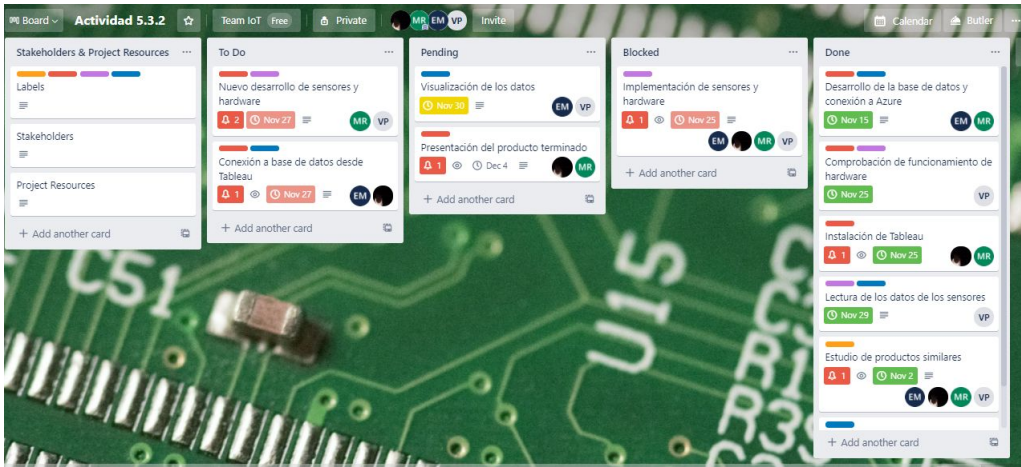


Figura 3. Planeación de actividades en Trello.

3. Ejecución

Para la elaboración del producto fue necesario, conectar el microcontrolador a cada uno de los sensores para la recopilación y transmisión de datos, así como su almacenamiento en una base de datos y visualización gráfica. Por lo tanto fue necesario integrar los siguientes elementos

3.1. Antena WiFi

Permite al Arduino transmitir datos a través del protocolo UDP hacia algún servidor dentro de la misma red.

3.2. Sensor de ritmo cardiaco

Permite identificar la frecuencia cardiaca mediante un fotodiodo que mide la cantidad de luz infrarroja de un LED. Los datos son transmitidos del sensor al Arduino mediante uno de los puertos análogos, y después limpiados mediante regresión para eliminar variaciones o interferencias.

3.3. Sensor de nivel de oxigenación

Permite identificar el nivel de oxigenación en la sangre mediante la emisión de pequeños rayos de luz y medición de los cambios en la absorción de la misma. Un puerto análogo controla la frecuencia de las mediciones mientras que otro se encarga de transmitir los datos al Arduino.

3.4. Software de recopilación

Se programó al Arduino con todas las instrucciones necesarias para la transmisión de datos en red. Igualmente, se programó con las instrucciones necesarias de configuración para el sensor de oxigenación y la forma en que serían recibidos los datos de ambos sensores. A los datos se les da el formato indicado para después ser transmitidos mediante la interfaz de red.

3.5. Software de análisis

Una computadora dentro de la red funcionará como servidor con el cuál se hará el análisis para limpiar anomalías o interferencia en los datos recibidos. Este servidor recibirá en un puerto establecido los datos que transmita el Arduino. Después de filtrarlos y separarlos, un conector se encargará de subirlos a la base de datos del proyecto.

3.6. Base de datos

Después de realizar cada medición, se guardarán los datos correspondientes, incluyendo el identificador del usuario, la fecha y hora y los niveles de ritmo cardiaco y

oxigenación. Para ello se utiliza una base de datos relacional compuesta por las tablas de usuario (Users) y niveles (Levels), siguiendo la estructura que se muestra a continuación en la figura 4.

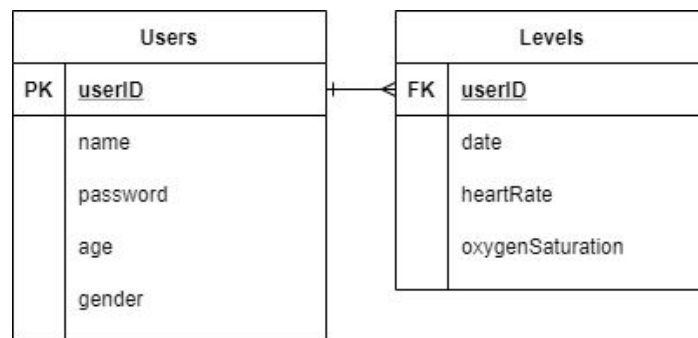


Figura 4. Estructura de base de datos relacional.

Sobre la misma se realizan consultas para insertar los datos, así como para leerlos y visualizarlos.

3.7. Prototipo

El prototipo que desarrollamos para poder hacer la validación del proyecto hasta ahora es como indica la figura 5. Un video del funcionamiento se encuentra en la siguiente liga: [Video demo](#).

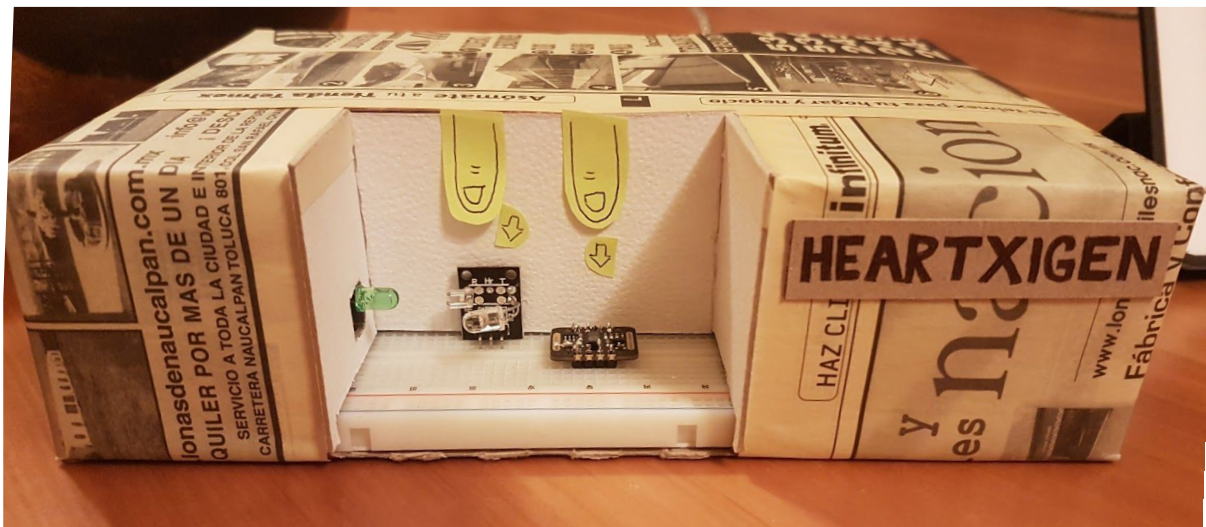


Figura 5. Prototipo del proyecto.

4. Monitoreo y Control

Respecto a la parte del software, a partir de los datos que recopila el hardware, como describimos anteriormente, tuvimos que encontrar la manera de convertirlos en información valiosa para nuestros usuarios.

4.1. Desarrollo inicial de la base de datos

Para poder desarrollar la base de datos, tuvimos que comprender qué datos necesitamos almacenar y cómo se relacionan entre sí. Para esto realizamos un diagrama de entidad relación, el cual nos permitió escribir el código que permitió que tuviéramos las tablas que queríamos en nuestra base de datos en MySQL. Para poder colaborar de mejor manera, especialmente dada la situación en relación a la pandemia, almacenamos esta base de datos en la nube, por medio del servicio de Microsoft Azure.

4.2. Agregar datos prueba por medio de Python

Para agregar datos a la base en Azure, antes de haber finalizado el prototipo, necesitábamos generar datos de manera aleatoria. Para esto desarrollamos un código en Python, utilizando un conector a la base de datos. A partir de esto, creamos distintos usuarios y añadimos diferentes medidas para cada uno.

A partir de esto creamos distintas *views* dentro del Workbench de MySQL. Utilizamos estos *views* como guía para la creación del tablero final en Tableau, por lo que los podríamos llamar un bosquejo de nuestro tablero. Los datos de prueba aseguran el correcto funcionamiento de la base de datos mientras que se implementa el resto de la funcionalidad.

4.3. Agregar datos de los sensores

Habiendo asegurado el correcto funcionamiento de la base de datos, implementamos la funcionalidad de lectura y procesamiento de los datos recibidos por los sensores utilizando los programas para Arduino y Python mencionados anteriormente. Posteriormente, usamos el mismo código del punto anterior para agregar datos factuales en lugar de datos generados aleatoriamente. Al hacerlo, se empieza a poblar la base de datos con los valores generados.

4.4. Visualización de los datos generados

Posteriormente, tras la recopilación, análisis y almacenamiento de los datos, utilizamos el software de visualización de datos Tableau, para mostrar la información de forma visual y significativa para los usuarios. Esto incluye mostrar los datos actuales de todos los usuarios así como el detalle de cada uno, junto con el historial de las mediciones realizadas e indicadores de comportamiento anómalo.

Nuestro tablero de Tableau se ve como indican las figuras 6 y 7:



Figura 6: Visualización de datos de todos los pacientes

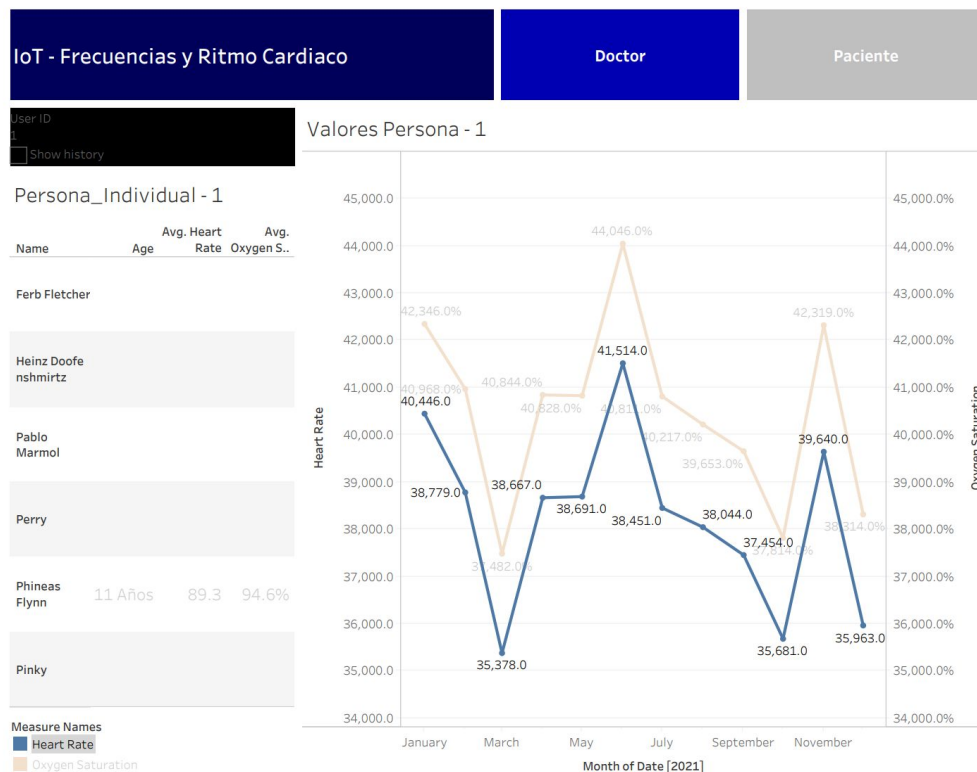


Figura 7: Visualización de datos por cada paciente

En esta etapa igualmente se verifica el correcto funcionamiento de cada uno de los sensores y que los datos se encuentren dentro de los rangos deseados. De no ser así, será necesario calibrarlos adecuadamente. Del mismo modo, se realizan las pruebas correspondientes para asegurar el correcto funcionamiento de todos los elementos que integran el sistema. Si todo funciona acorde a lo estipulado, el prototipo es validado.

5. Conclusiones y aspectos finales del proyecto

5.1. Conclusiones

Requerimientos de software

La documentación es una de las acciones más importantes en el desarrollo de proyectos. Esta es la guía para lograr una buena entrega de un producto, pues ayuda a que el equipo de trabajo, el cliente, y todas las personas que interactúan/interactuarán con el producto, puedan hacerlo de la manera correcta y sin problemas.

Circuitos y arquitectura booleana

Antes de realizar cualquier implementación, es necesario comprender cómo funciona todo lo que estaremos utilizando, por lo que este módulo fue una fase muy importante para poder comprender el funcionamiento lógico de diversos componentes y circuitos integrados.

Arquitecturas y hardware

Se debe conocer el nivel más bajo de funcionamiento de los diferentes elementos que conforman el resultado, así como la manera en que el código y los datos son almacenados en la memoria del microcontrolador, y la forma en que el programa es ejecutado. Esto nos permite desarrollar de forma más eficiente nuestra solución y seguir la misma lógica de cada componente y conexión.

Software

El software es esencial para generar un espacio donde almacenar nuestros datos, así como para recopilar e interpretar los mismos. De igual forma, esto nos permite desarrollar el dashboard para visualizar los datos y poder ofrecer la información relevante al usuario.

5.2. Riesgos/Limitaciones y nuestras soluciones

Cálculo de la saturación del oxígeno

Existieron anomalías en nuestros datos de oxígeno, por lo que tendríamos que calibrar nuestro sensor, o en el peor de los casos, reemplazarlo. Esto puede atribuirse igualmente a que fue soldado manualmente en casa sin previa práctica.

Conocimiento sobre el hardware

Fue complicado comprender el correcto funcionamiento de varias partes del hardware (e.g., los sensores utilizados), y más aún que era nuestra primera vez trabajando con este tipo de componentes. En ciertos casos, se nos complicó integrar los componentes.

La situación global de la actualidad

Debido a las medidas sanitarias de la pandemia, no pudimos reunirnos físicamente para el desarrollo del proyecto. Esto fue especialmente complicado al momento de construir el prototipo, así como en la elaboración de los entregables.

5.3. Mejoras

Como equipo, llegamos a la conclusión de que nuestro prototipo definitivamente puede mejorar. En primer lugar, si evolucionara el prototipo, agregaríamos botones de memoria. Con estos, se podría guardar el usuario por número, con capacidad de hasta 4 usuarios guardados. De esta manera, al presionar un botón se activa el identificador de ese usuario en específico. Una segunda mejora sería el añadir una pantalla al prototipo. Esto permitiría visualizar en tiempo real el valor que el sensor lee. En cuanto a la experiencia de usuario, agregar esta pantalla la haría más amena y podría saber inmediatamente lo que el sensor captó. Finalmente, planteamos la posibilidad de que el prototipo se conecte a una batería. De esta manera, el dispositivo puede utilizar, sin necesidad de conectarlo a la corriente eléctrica.

5.4. Beneficios

Este producto permite a los usuarios estar conscientes del estado de sus signos vitales, lo cual es algo muy importante hoy en día. Con este producto pueden tomar las precauciones necesarias, visitar al médico a tiempo, y detectar las anomalías (de existir) oportunamente, para evitar sorpresas negativas de salud a futuro.

5.5. Aplicaciones futuras

Aunque la solución fue propuesta en el contexto de la problemática ocasionada por la pandemia del COVID-19, con cambios menores, podría extenderse para cubrir diversas aplicaciones a futuro, tales como monitoreo de signos vitales para atletas y deportistas o integración de sensores adicionales para detectar otro tipo de enfermedades relacionadas.

5.6. Repositorio de Github

Para mantener una correcta gestión del proyecto, particularmente del código y su desarrollo, utilizamos un repositorio en Github.

Link: https://github.com/louloubadillo/Equipo_no_1_RetoIoT

6. Referencias

Abbot Laboratories. (2020). Products.

<https://www.freestylelibre.us/system-overview/freestyle-libre-2.html>

Apple. (2020). Apple Watch Series 6. <https://www.apple.com/mx/apple-watch-series-6/>

AXHKIO. (2020). Non-Contact Forehead Thermometer.

<https://www.amazon.com/Non-Contact-Forehead-Thermometer-AXHKIO-Temperature/dp/B08C5GNMK5>

Hospeq. (2020). NELLCOR Pulse Oximeter.

<https://www.hospeq.com/COVIDIEN-NELLCOR-Pulse-Oximeter-Adult-PM10N-N/A-p/cvpm10nna.htm>

Nedtronic. (2020). Pulse Oxymetry.

<https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/pulse-oximetry.html>