



Corporación Universitaria
REFORMADA

Medidor de pulso cardiaco utilizando sistema micro controlados como ayuda didáctica para el laboratorio de ingeniería biomédica

Samir Jesús Agudelo Cárdenas

Director:

Gisella Borja Roncallo

Asesor Metodológico

Claudia Milena Basto

José Ignacio Navarro

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2021

Agradecimientos

El presente artículo no pudo ser escrito sin la ayuda de mis tutores José Ignacio (como tutor tecnológico) y Claudia Basto (como tutor metodológico), también quiero agradecer a mis compañeros Crista Vega, Danna Carrillo y Enrique Pacheco por su apoyo.

Tabla de Contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
Introducción.....	2-4
Metodología.....	4
Terminales digitales	19
Pines analógicos	19-20
Pines de alimentación	20
Resultados.....	25
Análisis de resultados	26
Conclusión.....	27
Referencias	27-28

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Sensor De Pulso Max30100</i>	4-5
Figura 2. <i>Sangre Oxigenada (Oxy Hb) Y Sangre Desoxigenada (De Oxy Hb)</i>	5
Figura 3. <i>Nivel De Oxígeno En La Hemoglobina Cuando No Hay Oxígeno</i>	5
Figura 4. <i>Nivel porcentual de oxígeno en algunos glóbulos rojos</i>	6
Figura 5. <i>Nivel porcentual de oxígeno cuando en la hemoglobina tiene 100% de oxígeno</i> .	6
Figura 6. <i>Demostración de la luz traspasando hasta llegar al detector</i>	6
Figura 7. <i>Demostración de por donde pasa la sangre oxigenada y desoxigenada</i>	7
Figura 8. <i>Niveles De Concentración Y Absorción En El Sensor</i>	8
Figura 9. <i>Rutas de tipo de absorción obtenidas de acuerdo al espacio de las arterias</i>	8-9
Figura 10. <i>Longitud de la onda de luz de acuerdo con el tamaño de la arteria</i>	9
Figura 11. <i>Forma de las longitudes de onda</i>	10
Figura 12. <i>Tamaño de las longitudes de las luces del sensor</i>	10
Figura 13. <i>Gráfico de la absorbancia vs longitud de onda de la sangre oxigenada</i>	10
Figura 14. <i>Gráfico de absorbancia vs longitud de onda de sangre desoxigenada</i>	11
Figura 15. <i>Gráfico de comparación de onda en sangre desoxigenada y oxigenada</i>	11
Figura 16. <i>Niveles de detección de luz que toma el sensor</i>	11
Figura 17. <i>Descripción de los tipos de luces del sensor con sus respectivas longitudes</i>	12
Figura 18. <i>Proporción entre la absorbancia vs longitud de onda con las luces del sensor</i>	12
Figura 19. <i>Proporción entre la absorbancia vs longitud de onda</i>	12-13
Figura 20. <i>interpretación de la proporción realizada por la computadora</i>	13
Figura 21. <i>Gráfico de proporción de mayor luz infrarroja detectando sangre oxigenada</i> .	13
Figura 22. <i>Gráfico de proporción de luz roja cuando hay sangre desoxigenada</i>	13-14
Figura 23. <i>Proporción regular de la oxigenación en la sangre con la luz roja</i>	14
Figura 24. <i>Gráfico de definición de datos analógicos interpretados por computadora</i>	14
Figura 25. <i>Pantalla LCD 16x2 con módulo I2C</i>	15
Figura 26. <i>Módulo de bluetooth HC-05</i>	16
Figura 27. <i>Placa Arduino Uno</i>	16-17
Figura 28. <i>Esquema electrónico de la placa Arduino</i>	18
Figura 29. <i>Esquema por partes de plantilla Arduino</i>	18
Figura 30. <i>Armado del proyecto</i>	23
Figura 31. <i>Conexión de complementos en protoboard</i>	23-24
Figura 32. <i>Inicio de encendido del proyecto</i>	24
Figura 32. <i>Variación De Las Dosis Efectivas Entre Ambos Períodos</i>	24
Figura 33. <i>Monitoreo de captación de pulso y oximetría</i>	24
Figura 34. <i>Encendido del sensor con su respectiva aplicación en celular</i>	24
Figura 35. <i>Simulador de pulsioximetría</i>	25
Figura 36. <i>Demostración de la medición de pulso y oximetría en una persona</i>	25
Figura 37. <i>Variación De Los Datos Captados</i>	25
Figura 38. <i>Datos generados por el sensor y registrados en la aplicación</i>	25-26
Figura 39. <i>Simulación entre el sensor del proyecto vs el dispositivo con sensor real</i>	26

Medidor de pulso cardiaco utilizando sistema micro controlados como ayuda didáctica para el laboratorio de ingeniería biomédica

cardiac pulse meter using micro controlled systems as a teaching aid for the biomedical engineering laboratory

Samir Jesús Agudelo Cárdenas

Sexto semestre, ingeniería biomédica, Corporación Universitaria Reformada. Cra 38 No.74 – 179 – Barranquilla – Colombia
samir.agudelo@unireformada.edu.co

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolló la implantación del sensor MAX30100, el cual es capaz de medir pulso cardiaco, además de medir el porcentaje de oxígeno en la sangre, en los siguientes pasos del proyecto se empezó a realizar una aplicación para la visualización de los datos obtenidos del sensor en sistemas operativos como Android (teléfonos móviles), la información suministrada por el sensor es posible gracias a sus complementos electrónicos (microcontroladores) de los cuales se destacan: tarjeta Arduino uno, módulo de bluetooth, pantalla LCD 16x2 con modulo I2C. Gracias a la integración de estos, se puede observar gráficamente las pulsaciones y porcentaje de oxígeno en la sangre solo con colocar el dedo en el sensor, con la aplicación lo que aseguramos es la visualización de manera remota en caso que se necesite revisar los datos a determinada distancia, el aseguramiento de la confiabilidad del sensor se comparó con un simulador de pulsioximetría donde se pudo observar que los datos simulados en el equipo pudieron replicarse en la ejecución del sensor, de este modo podrá ser utilizado como una herramienta didáctica para el aprendizaje en formación dentro del laboratorio de biomédica de la facultad.

Palabras clave: aplicación, sensor de pulso, sangre oxigenada, modulo I2C, pantalla LCD 16x2,

ABSTRACT

In this project, the implantation of the MAX30100 sensor was developed, which is able to measure heart pulse, in addition to measuring the percentage of oxygen in the blood, in the next steps of the project began to realize an application for the visualization of the data obtained from the sensor in operating systems like Android (mobile phones), the information supplied by the sensor is possible thanks to its electronic complements (microcontrollers) of which stand out: Arduino card one, bluetooth module, 16x2 LCD display with I2C module. Thanks to the integration of these, you can graphically observe the pulsations and percentage of oxygen in the blood just by placing your finger on the sensor, with the application what we ensure is the remote viewing in case you need to review the data at a certain distance, sensor reliability assurance was compared with a pulse oximetry simulator where it was observed that simulated data in the equipment could be replicated in the execution of the sensor , in this way it can be used as a didactic tool for learning in training within the biomedical laboratory of the faculty.

Keywords: application, pulse sensor, oxygenated blood, I2Cmodule, screen LCD 16x2

1. Introducción

El medidor de pulso del ritmo cardíaco, se consideran un dispositivo fotónico porque a través de una fibra óptica que genera un haz de luz, presenta variaciones al momento de traspasar por los vasos sanguíneos del dedo del paciente. En ese sentido, “el sensor ubicado en la otra parte de dispositivo se encarga de recibir e interpretar la luz láser,

transformándola de una señal luminosa a una señal eléctrica que tras un proceso de amplificación y un filtrado pasa a un amplificador, entre otro más” (Abarca & Abril, 2002).

La pulsioximetría consta principalmente de dos principios, espectrofotometría y pletismografía. El primero de ellos define que la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida

tienen un nivel de absorción de luz roja e infrarroja diferente. El segundo principio consiste en que el volumen de sangre arterial y la absorción de luz por dicho volumen, varían con el pulso arterial. El método se basa en la emisión alterna de dos longitudes de onda diferentes (roja e infrarroja) que son transmitidas por un emisor hasta un fotodetector a través de la sangre oxigenada y reducida, uñas, piel y hueso (Osinos, 2010).

Gómez y Suntasig (2011) describen la oximetría de pulso como la técnica utilizada para calcular el nivel de saturación de oxígeno en sangre utilizando la absorción de la luz. Cuando se introduce el dedo entre el emisor y el fotorreceptor, la luz emitida debe atravesar los distintos tejidos, es entonces cuando un porcentaje de luz será absorbida por el dedo y el resto por el fotorreceptor. La cantidad de luz que el dedo absorbe depende principalmente de tres parámetros:

1. La concentración de sangre que absorbe la luz; a mayor concentración mayor absorbancia.

2. La longitud del camino que recorre la luz al atravesar la sangre que la absorbe.

3. La composición del absorbente, la hemoglobina reducida y la oxihemoglobina absorben la luz en distinta forma.

Los primeros dispositivos de medición de pulso fueron: en el año 1935 por Karl Matthes, quien creó un dispositivo de longitud de onda que realizaba la medición de la saturación de oxígeno en sangre, trabajando con luz roja y verde, luego cambiaría su técnica pasando a utilizar luz roja e infrarroja. En el año 1949 Wood presentó un sistema a presión para exprimir la sangre fuera de la oreja y comprobar la saturación de oxígeno cuando la sangre era otra vez devuelta a su estado normal (sin presión), pero resultó ser poco funcional porque las fotoceldas y fuentes de luz eran inestables. Después en 1964 Shaw usó 8 longitudes de onda, su utilización estaba limitado a funciones pulmonares, era de gran tamaño y de un gran costo de adquisición. Finalmente, en el año 2009 fue diseñado el primer dispositivo para la pulsioximetría que,

utilizando la yema del dedo con conectividad bluetooth, permitiendo así monitorizar el pulso y los niveles de saturación en los pacientes.

El medidor de pulso del ritmo cardíaco es un dispositivo totalmente idóneo para observar y determinar ciertas patologías cardíacas de forma no invasiva e inmediata. Con el fin de ayudar a presentar una respuesta de forma analógica o digital que el médico pueda interpretar para generar un diagnóstico eficaz. Sin embargo, la gran mayoría de estos dispositivos solo cuentan con visualización estática. Por esta razón, El presente proyecto pretende llegar a establecer ¿Como Diseñar e implementar un medidor de pulso cardíaco a través de un sistema de microcontroladores como ayuda didáctica para el laboratorio de ingeniería biomédica de la Corporación universitaria reformada CUR? Por lo tanto, es objeto de investigación es Diseñar e implementar un medidor de pulso cardíaco a través de un sistema de microcontroladores, de modo que se llevarán a cabo tres fases:

1)Adquirir la señal de pulso cardíaco a través del sensor de pulso.

2)Transmitir y visualizar la señal de pulso cardíaco a través de sistemas Android.

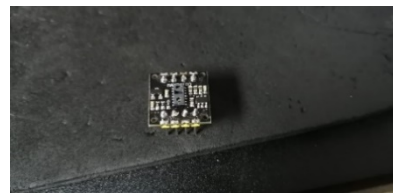
3)Validar el funcionamiento del dispositivo mediante el uso de equipos certificados.

2. Metodología

Primero para empezar el desarrollo del proyecto se hizo la adquisición de los elementos que necesitamos para el desarrollo adecuado, lo primero fue obtener el sensor de pulso marcaMAX30100

Figura 1

Sensor De Pulso Max30100



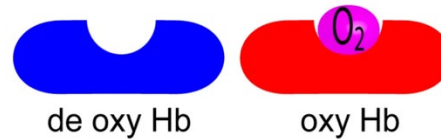
Que además de medir pulso también es capaz de medir el nivel de saturación de oxígeno en la sangre, esto haciendo que sea más preciso la información de lo que deseamos analizar

que es el pulso cardiaco del paciente, para comprender como funciona debemos entender el proceso de lectura que se está realizando con el sensor el cual funciona de la siguiente manera:

Cuando respiramos nuestros pulmones son los que interceptan el oxígeno el cual necesita nuestro cuerpo para poder suministrarlo a todos los órganos del cuerpo, los encargados de realizar este transporte de oxígeno es la sangre (los glóbulos rojos, hemoglobina), constantemente la hemoglobina está transportando el oxígeno a nuestro cuerpo con cada respiración, la sangre en su composición está en dos modos constantemente cada vez que respiramos, la hemoglobina desoxigenada(de oxy Hb) y oxigenada(oxy Hb) .

Figura 2:

Sangre Oxigenad (Oxy Hb) Y Sangre Desoxigenada (De Oxy Hb).



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

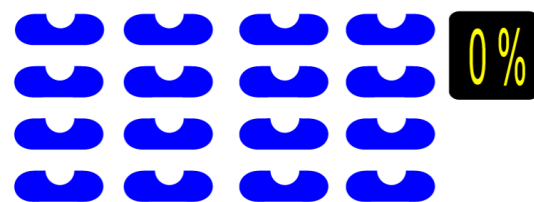
https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Ahora la saturación de oxígeno hace referencia a el nivel de oxígeno que nuestra sangre contiene al momento de transportarla, un ejemplo de esto puede ser:

Hay 16 unidades de hemoglobina y ninguna de las 16 tiene oxígeno. Por tanto, la saturación de oxígeno es del 0%.

Figura 3

Nivel De Oxígeno En La Hemoglobina Cuando No Hay Oxígeno



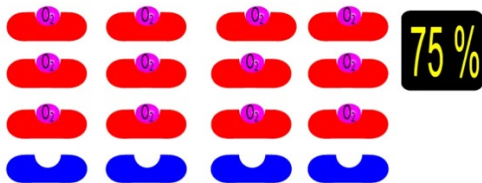
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oxi_meter/

Cuando respiramos este valor cambia y es variable, para el caso mencionado anteriormente es cuando se lleva el 75% de oxígeno

Figura 4

Nivel porcentual de oxígeno en algunos glóbulos rojos



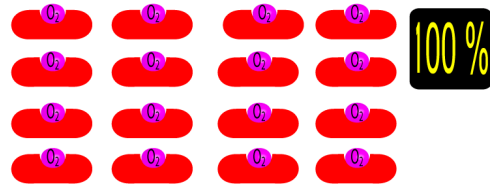
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha)

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oxi_meter/

También se puede dar el caso en el que, si todas las células sanguíneas transportan el oxígeno, entonces, por supuesto, será al 100%.

Figura 5

Nivel porcentual de oxígeno cuando en la hemoglobina tiene 100% de oxígeno



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

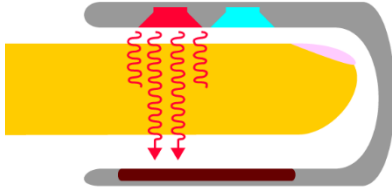
https://www.howequipmentworks.com/pulse_oxi_meter/

El comportamiento del sensor funciona de la siguiente manera:

El sensor posee dos tipos de luces, una luz led roja y otra luz led infrarroja la cual se coloca un dedo entre la fuente de luz y el detector de luz, la luz ahora tendrá que pasar a través del dedo para llegar al detector. Parte de la luz será absorbida por el dedo y la parte no absorbida llega al detector de luz.

Figura 6

Demostración de la luz traspasando hasta llegar al detector



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

La cantidad de luz que absorbe el dedo depende de muchas propiedades físicas y el sensor utiliza estas propiedades para calcular la saturación de oxígeno.

La cantidad de luz absorbida depende de lo siguiente:

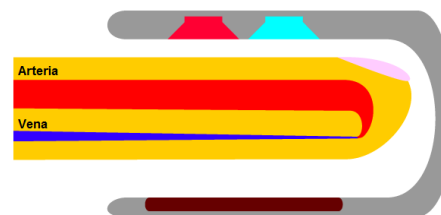
1. Concentración de la sustancia que absorbe la luz.
2. Longitud del trayecto de la luz en la sustancia absorbente
3. La oxihemoglobina y la desoxihemoglobina absorben la luz roja y la infrarroja de manera diferente

Ahora para comprender los conceptos físicos del funcionamiento del sensor se tiene los siguientes pasos: Se muestra un dedo

insertado en la sonda. Sobre el dedo están las fuentes de luz que emiten luz. En el dedo hay una arteria que transporta la sangre que le interesa al oxímetro de pulso y una vena a través de la cual la sangre sale del dedo. Debajo del dedo está el detector de luz.

Figura 7

Demostración de por donde pasa la sangre oxigenada y desoxigenada



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Ahora se describirá por pasos estas propiedades físicas con las cuales se tomó el concepto para tener la idea teórica de cómo es la captación de la luz emitida por el sensor:

Propiedad física 1: la cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de la sustancia que absorbe la luz.

La hemoglobina (Hb) absorbe la luz. La cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de Hb en el vaso sanguíneo. En el siguiente diagrama, los vasos sanguíneos de ambos dedos tienen el mismo diámetro. Aunque también se da los casos en los cuales hay concentraciones de Hb baja (es decir, una cantidad de Hb en cada unidad de volumen de sangre), mientras que el otro vaso sanguíneo tiene una concentración de Hb más alta (es decir, una cantidad alta de Hb en cada unidad de volumen de sangre)

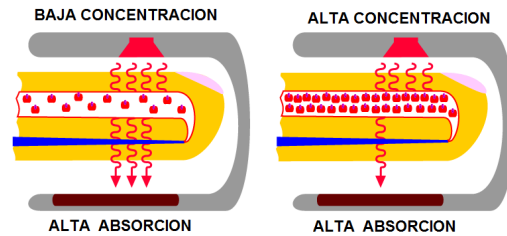
Cada Hb absorbe parte de la luz, por lo que cuanto más Hb por unidad de área, más luz se absorbe. Esta propiedad se describe en una ley de la física llamada "Ley de Beer".

Ley de Beer: la cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de la sustancia que absorbe la luz.

Al medir cuánta luz llega al detector de luz, el oxímetro de pulso sabe cuánta luz ha sido absorbida. Cuanto más Hb en el dedo, más luz se absorbe. Esto se ve presente en el siguiente gráfico.

Figura 8

Niveles De Concentración Y Absorción En El Sensor



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

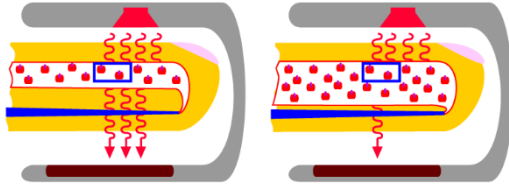
https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Propiedad física 2: la cantidad de luz absorbida es proporcional a la longitud de la trayectoria de la luz.

El gráfico que se mostrará a continuación se mostrarán la lectura de dos dedos que poseen la misma concentración en sus arterias (es decir misma Hb por unidad de área, cuadrado azul) no obstante, la arteria del lado derecho es un poco más ancha que la de la izquierda

Figura 9

Rutas de tipo de absorción obtenidas de acuerdo al espacio de las arterias



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

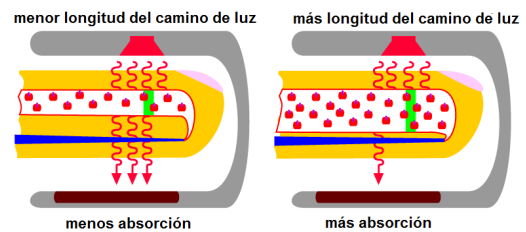
La luz emitida debe viajar a través de la arteria, La luz viaja en un camino más corto en la arteria estrecha y viaja a través de un camino más largo en la arteria más ancha (los caminos se muestran como líneas verdes). La concentración de Hb es la misma en ambas arterias, la luz se encuentra con más Hb en la arteria más ancha, porque esta viaja por un camino más largo. Por eso, cuanto más largo sea el camino que recorre la luz, más luz se absorberá, esta propiedad física se describe en la ley de Lambert:

Ley de Lambert: la cantidad de luz absorbida es proporcional a la longitud del camino que

la luz debe recorrer en la sustancia absorbente.

Figura 10

Longitud de la onda de luz de acuerdo con el tamaño de la arteria



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Propiedad física 3: la oxihemoglobina

absorbe más luz infrarroja que la luz roja y la desoxihemoglobina absorbe más luz roja que la luz infrarroja

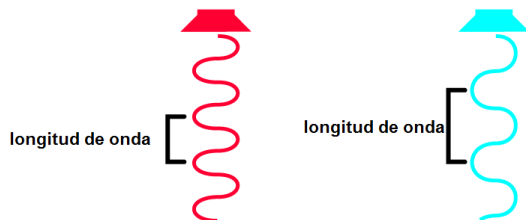
Se ha observado que la concentración y la trayectoria de la luz se ve afectada en la absorbancia de esta misma, además, el oxímetro de pulso hace uso de otra propiedad importante para calcular la saturación de

oxígeno, es decir que tanto la hemoglobina oxigena como la no oxigenada (desoxigenada) absorben luz de distintas longitudes de onda de maneras más específicas.

Para comprender esto debemos tener en cuenta como se determina la longitud de la onda, toda luz está compuesta de ondas, las distancias entre las “puntas” de las ondas es igual a la longitud de onda.

Figura 11

Forma de las longitudes de onda



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

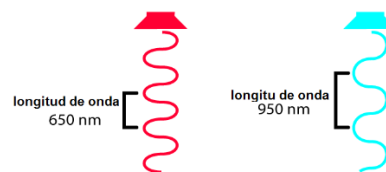
https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Las longitudes de onda de la luz son muy cortas y la unidad de medida es el nanómetro (nm) (1 metro = 1.000.000.000 nanómetros).

Por ejemplo, la onda de la izquierda tiene una longitud de onda de 650 nm y la onda de la derecha tiene una longitud de onda más larga de 950 nm.

Figura 12

Tamaño de las longitudes de las luces del sensor



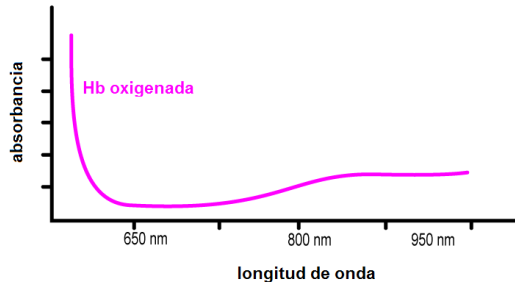
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se puede observar la absorbancia que tiene la sangre oxigenada de esta forma:

Figura 13

Gráfico de la absorbancia vs longitud de onda de la sangre oxigenada



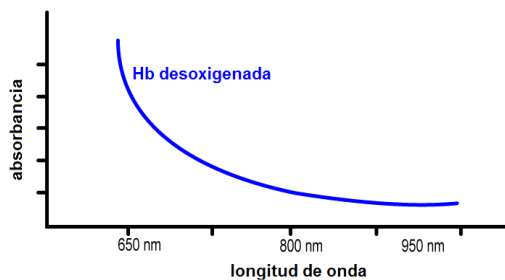
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Para la absorción de la sangre desoxigenada el gráfico sería así:

Figura 14

Gráfico de absorción vs longitud de onda de sangre desoxigenada



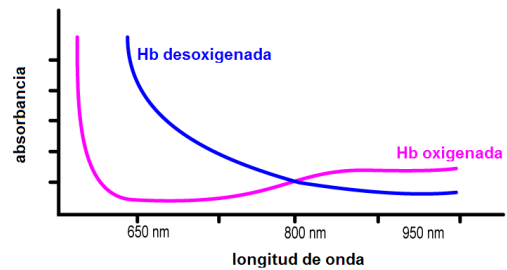
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Ahora podremos observar una comparativa entre las dos ondas tanto de sangre desoxigenada como oxigenada:

Figura 15

Gráfico de comparación de onda en sangre desoxigenada y oxigenada



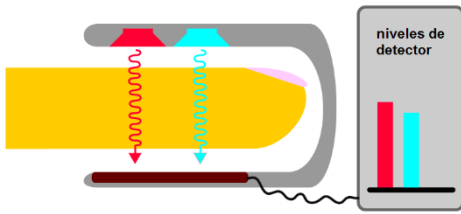
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

El sensor del pulso en su construcción posee dos tipos de luces como se ha mencionado, esta se estructura de esta manera:

Figura 16

Niveles de detección de luz que toma el sensor



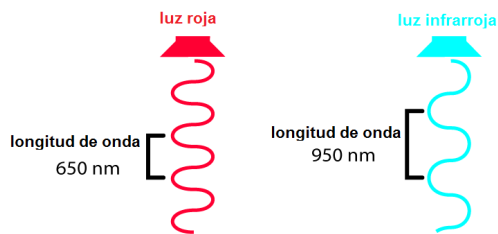
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, estas serían las longitudes tanto para la luz roja como infrarroja:

Figura 17

Descripción de los tipos de luces del sensor con sus respectivas longitudes



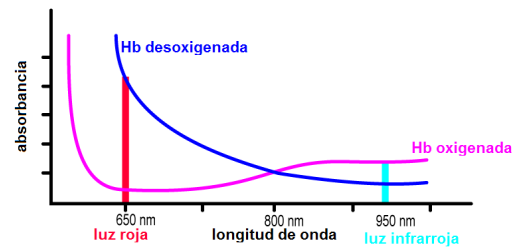
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Comparando en un gráfico podemos observar que la Hb oxigenada absorbe mayor luz infrarroja y la Hb desoxigenada absorbe mayor luz roja.

Figura 18

Proporción entre la absorbancia vs longitud de onda con las luces del sensor



Nota: Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

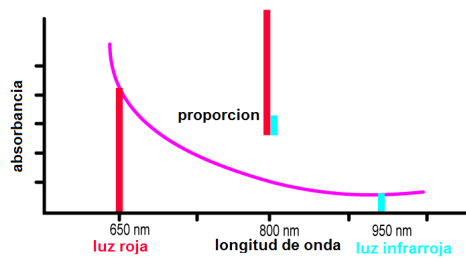
https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Luego de observar las gráficas, el sensor para detectar la información que deseamos captar realiza una comparativa de las luces que son absorbidas por la Hb, y la diferencia de absorbancia es la que determinará los resultados que deseamos tener, la proporción lo interpretará nuestro ordenador

(computador), de modo que hará la diferencia de cuanto es el nivel de oxígeno de la sangre.

Figura 19

Proporción entre la absorbancia vs longitud de onda



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

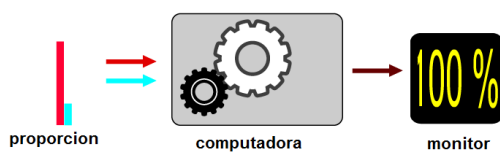


Figura 20

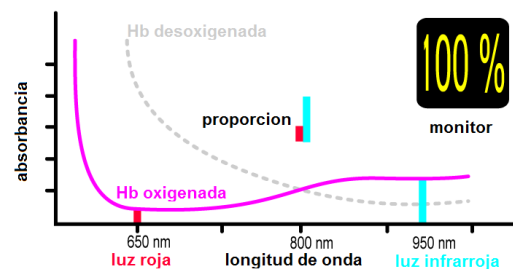
interpretación de la proporción realizada por la computadora y mostrada en el monitor, Tomado de *How pulse oximeters work explained simply* (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Un ejemplo para comprender la interpretación de lo antes mencionado, digamos que en la proporción de luz absorbida realizado por el sensor, este capto más proporción de la luz infrarroja, esto el ordenador lo tomará bien sea con un 100% u otro valor dependiendo de cuanto se registre en el detector, para este caso tomamos que hay una saturación del 100%.

Figura 21

Gráfico de proporción de mayor luz infrarroja detectando sangre oxigenada



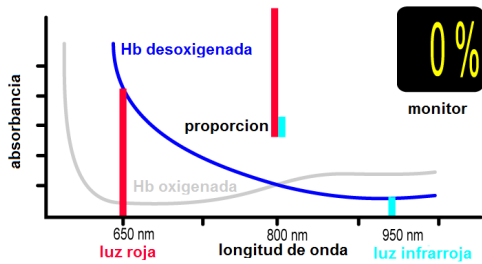
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Otro ejemplo, sería cuando se detecta 0% de saturación, lo cual gráficamente se vería de esta forma.

Figura 22

Gráfico de proporción de luz roja cuando hay sangre desoxigenada



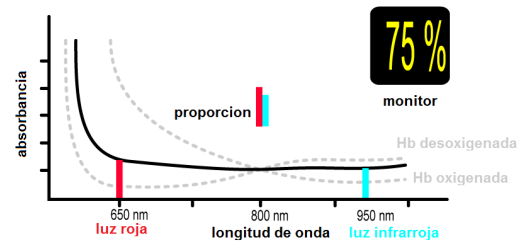
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Y en un caso más específico, así se vería nuestra grafica si se llegase a obtener un porcentaje de saturación del 75%.

Figura 23

Proporción regular de la oxigenación en la sangre con la luz roja e infrarroja



Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

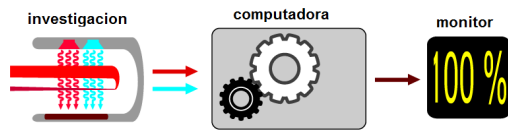
En resumen, la absorbancia de la luz dependerá de estos factores:

1. concentración de la sustancia que absorbe la luz.
2. longitud del trayecto de la luz en la sustancia absorbente.
3. La oxihemoglobina y la desoxihemoglobina absorben la luz roja y la infrarroja de manera diferente.

Estas condiciones, la computadora toma estos factores del sensor de pulso y calcula la saturación con la pulsación del paciente.

Figura 24

Gráfico de definición de datos analógicos interpretados por computadora



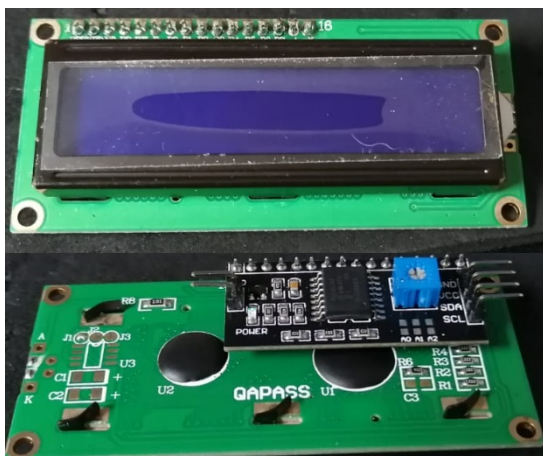
Nota. Tomado de How pulse oximeters work explained simply (sin fecha),

https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Otro complemento designado para la aplicación de este trabajo es la pantalla LCD soldado en su parte posterior con un módulo I2C.

Figura 25

Pantalla LCD 16x2 con módulo I2C



Este dispositivo LCD compatible con Arduino, nos permitirá reproducir en su pantalla los niveles de porcentaje de saturación de oxígeno en sangre y pulsaciones por minuto del paciente al momento de colocarle el sensor.

La pantalla LCD es un dispositivo de visualización gráfica para la presentación de caracteres, símbolos e incluso dibujos (en algunos modelos). Este modelo dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (35 pixeles). Estos dispositivos están gobernados internamente por un microcontrolador que regula todos los parámetros de presentación. Esta pantalla cuenta con iluminación de fondo verde con letras negro.

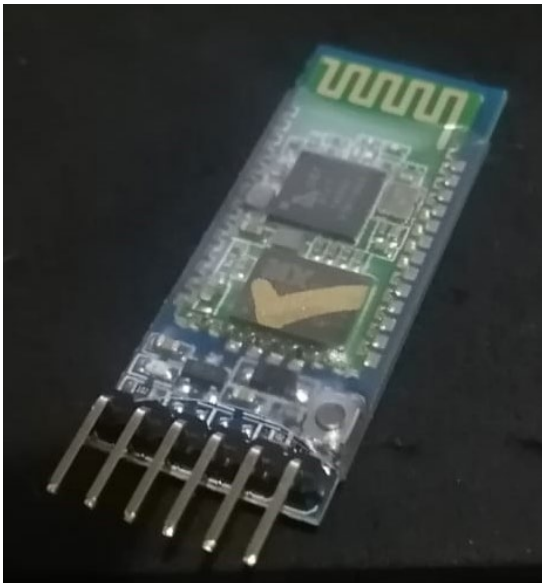
Además que este incluye un adaptador serial I2C para LCD el cual sirve como expander de puertos, esto nos ayuda a reducir de forma considerable la conexión de esta pantalla haciendo que se reduzca nuestra conexión a solo 4 pines hacia la tarjeta Arduino, estos pines además de GND (tierra) y VCC

(alimentación) se conectan también el SDA y SCL para poder controlar la imagen transmitida en la pantalla LCD, también este módulo posee un potenciómetro de ajuste que regula el contraste de la pantalla haciéndolo más versátil al momento de regular la calidad de imagen mostrada en nuestra pantalla.

Otro elemento utilizado para poder realizar el monitoreo de forma remota, a través de bluetooth en tiempo real, es nuestro módulo de bluetooth Hc-05.

Figura 26

Módulo de bluetooth HC-05



El bluetooth HC-05 es un pequeño modulo transmisor/receptor TTL fue diseñado para ser controlado a través de RS232. Permite transmitir como recibir datos a través de tecnología bluetooth sin conectar cables a los dispositivos a comunicar.

En sus características tenemos:

- Módulo bluetooth hc-05 controlado por RS232.
- De fácil uso y completamente encapsulado.
- Antena en PCB.
- Chipset: CSR.
- Versión de bluetooth: V2.0.
- Voltaje de operación: 3.3V.
- Corriente de operación: 20 a 30mA.
- Password: 1234
- Compatibilidad: Arduino UNO R3, Arduino MEGA R3, Raspberry pi 3

Por último, tenemos el complemento electrónico que ayudara a ejecutar cada parte en nuestro proyecto, el cual es el módulo Arduino Uno, el cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta

plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.

Figura 27

Placa Arduino Uno



Para conocer su funcionamiento debemos entender que Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL.

Los microcontroladores se definen como un circuito integrado programable que almacena y ejecuta una serie de instrucciones. Los componentes básicos de un microcontrolador son:

-Unidad de procesamiento

-Memoria

-Pines de entrada y salida

-Dentro de la familia Atmel existe una amplia gama de microcontroladores AVR.

En general, tienen son procesadores 8-bit

RISC con arquitectura Harvard.

Arduino Uno, es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteado. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

Sus características son:

- Microcontrolador: ATmega328

- Voltaje: 5V

- Voltaje entrada (recomendado): 7-12V

Programador serie en circuito «In-circuit Serial Programmer» o «ICSP» (azul celeste).
Terminales de entrada analógica 0-5 (azul claro). Terminales de alimentación y tierra (alimentación: naranja, tierras: naranja claro).
Entrada de alimentación externa (9-12VDC).
– X1 (rosa). Elector de alimentación externa o por USB (coloca un jumper en los dos pines más cercanos de la alimentación que quieras)
– SV1 (púrpura). En las versiones nuevas de Arduino la selección de alimentación es automática por lo que puede que no tengas este selector USB (utilizado para subir programas a la placa y para comunicaciones serie entre la placa y el ordenador; puede utilizarse como alimentación de la placa) (amarillo). Además de todo lo antes mencionado, Arduino nos da una gama de desarrollo de proyectos siempre y cuando conozcamos su forma de programación, la cual definiremos a continuación los pines asociados a estos

Terminales digitales:

Las terminales digitales de una placa Arduino pueden ser utilizadas para entradas o salidas de propósito general a través de los comandos de programación `pinMode()`, `digitalRead()`, y `digitalWrite()`. Cada terminal tiene una resistencia pull-up que puede activarse o desactivarse utilizando `digitalWrite()` (con un valor de HIGH o LOW, respectivamente) cuando el pin está configurado como entrada. La corriente máxima por salida es 40 mA.

Serial: 0 (RX) y 1 (TX). Utilizado para recibir (RX) y transmitir (TX) datos serie

Interruptores externos: 2 y 3. Estas terminales pueden ser configuradas para disparar una interrupción con un valor bajo, un pulso de subida o bajada, o un cambio de valor.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10, y 11. Proporcionan salidas PWM de 8 bit con la función `analogWrite()`.

Reset BT: 7. (solo en Arduino BT) Conectado a la línea de reset del módulo bluetooth.

SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estas terminales soportan comunicación SPI.

LED: 13. En el Diacemila y el LilyPad hay un led en placa conectado al pin digital 13.

Pines analógicos:

Los pines de entrada analógicos soportan conversiones analógico-digital (ADC) de 10 bit utilizando la función analogRead(). Las entradas analógicas pueden ser también usadas como pines digitales: entrada analógica 0 como pin digital 14 hasta la entrada analógica 5 como pin digital 19. Las entradas analógicas 6 y 7 (presentes en el Mini y el BT) no pueden ser utilizadas como pines digitales.

I2C: 4 (SDA) y 5 (SCL). Soportan comunicaciones I2C (TWI) utilizando la librería Wire (documentación en la página web de Wiring).

Pines de alimentación:

VIN (a veces marcada como «9V»). Es el voltaje de entrada a la placa Arduino cuando se está utilizando una fuente de alimentación externa (En comparación con los 5 voltios de

la conexión USB o de otra fuente de alimentación regulada).

5V. La alimentación regulada utilizada para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa.

3V3. Una fuente de 3.3 voltios generada por el chip FTDI de la placa.

Luego de presentar todos nuestros implementos de trabajo de nuestro proyecto, procedimos con la fase de creación de comandos el cual se acomodó nuestro código en la placa Arduino Uno de la siguiente forma:

```
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h> // Declaracion
de la app que se conectara con el módulo
bluetooth
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //
declaracion de la pantalla LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Se
conectan en los pines SDA y SCL
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"//
Declaracion del sensor de pulso
```

```

SoftwareSerial blue(2,3); // Conectar en los
pines digitales 2 y 3

#define REPORTING_PERIOD_MS
1000// se declara el tiempo del periodo de la
informacion

PulseOximeter pox;
uint32_t tsLastReport = 0;

void onBeatDetected() //manda señales
continuas, para cuando detecta el pulso
mande ese dato
{
    Serial.println("Beat!");//dato del pulso que
se registra
}

void setup()
{
    lcd.print("Sensor Puls CUR"); //el escrito
que aparecera en la pantalla lcd

    delay(2000); //el tiempo de duracion

```

```

    lcd.clear(); //borrado de la pantalla luego
del tiempo asignado

    Serial.begin(115200);//Señal de lectura en el
monitor serial

    blue.begin(9600);// señal de captacion de la
informacion via remota

    lcd.init(); //Inicia la pantalla LCD

    lcd.backlight(); //Activa la luz del
fondo

    lcd.home(); // Inicio de la pantalla

    lcd.begin(16, 2); //posicion de las columnas
y filas de la pantalla lcd

    lcd.print("Senor Puls CUR"); //el escrito que
aparecera en la pantalla lcd

    delay(2000); //el tiempo de duracion

    lcd.begin(0,2);//posicion de las columnas y
filas de la pantalla lcd

    lcd.print("cargando");//el escrito que
aparecera en la pantalla lcd

    delay(1000);//el tiempo de duracion

    lcd.clear(); //borrado de la pantalla luego
del tiempo asignado

    Serial.print("Initializing pulse oximeter..");
//Marca el inicio en la pantalla LCD

```

```

// Da inicio al sensor de pulso

// Dado el caso que no funcione puede ser,
por problemas con el I2C

// o tambien con la fuente de alimentacion,
revisar los cables de alimentacion

if (!pox.begin()) {

    Serial.println("FAILED"); // indicativo
de cuando no hay conexion con el sensor

    for(;;);

} else {

    Serial.println("SUCCESS"); // indicativo
de que si se dio la conexion con el sensor

}

pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CU
RR_7_6MA); // la intensidad de la luz del
sensor

pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDete
cted); // Registra la señal del pulso

}

```

```

void loop()

{

    Serial.println("what"); // dato registrado en
el monitor serial

    //Cambiara el dato en el mayor tiempo
posible

    pox.update();

    if (millis() - tsLastReport >
REPORTING_PERIOD_MS) {

        // Esto sera los mensajes presentados en la
app de android

        blue.print("BPM: ");

        blue.print(pox.getHeartRate()); //función
del cálculo de frecuencia

        //blue.println("\n");

        blue.print(" SpO2: ");

        blue.print(pox.getSpO2());

        blue.print("%");

        blue.println("\n");

        // Lo que aparece en la pantalla LCD

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0,0);

```

```
lcd.print("BPM: ");  
lcd.print(pox.getHeartRate()); //función  
del cálculo de frecuencia
```

```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("SpO2: ");  
lcd.print(pox.getSpO2()); //función del  
cálculo de frecuencia
```

```
lcd.print("%");  
  
tsLastReport = millis();  
}  
}
```

Después de realizar nuestro código y verificar que este perfecto para la labor que fue desarrollado, pasamos a la parte de armado dentro de la protoboard para observar nuestro productor final.

Las conexiones de cada complemento dentro de la protoboard y sobre nuestro Arduino se realizó en los siguientes pines:

Módulo de bluetooth:

-VCC = pin de alimentación 5V

-GND= pin de tierra

-RX= pin digital 3

Pantalla LCD x16 con modulo I2C:

-GND= pin de tierra

-VCC= pin de alimentación 5V

-SDA= pin SDA del Arduino (penúltimo pin de la placa)

-SCL pin SCL del Arduino (ultimo pin de la placa)

Sensor de pulso MAX30100:

-GND= pin de tierra

-SCL = pin analógico A5

-SDA = pin analógico A4

-VIN= pin de alimentación 3.3V

Luego de asignar los puertos indicados (al acomodo), nuestro proyecto base quedó de la siguiente manera:

Figura 30

Armado del proyecto

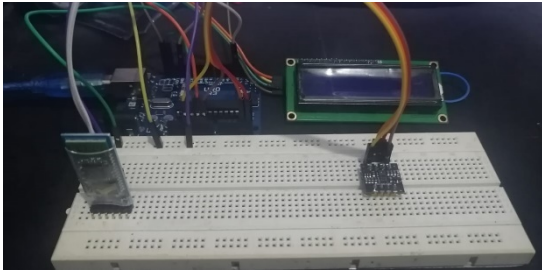
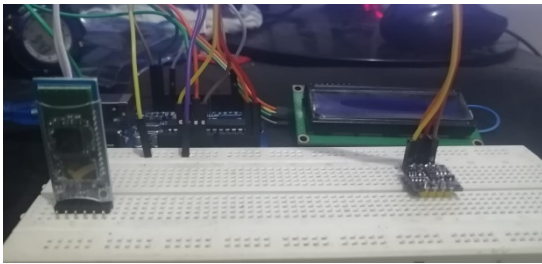


Figura 31

Conexión de complementos en protoboard



Luego de esto procedimos a encender nuestro proyecto y se vio de esta manera:

Figura 32

Inicio de encendido del proyecto

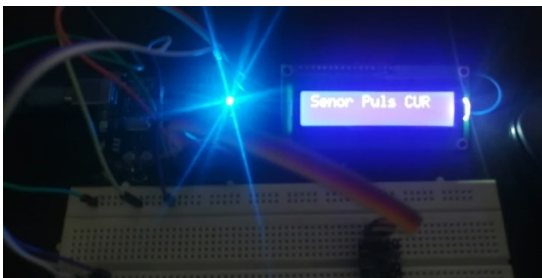


Figura 33

Monitoreo de captación de pulso y oximetría

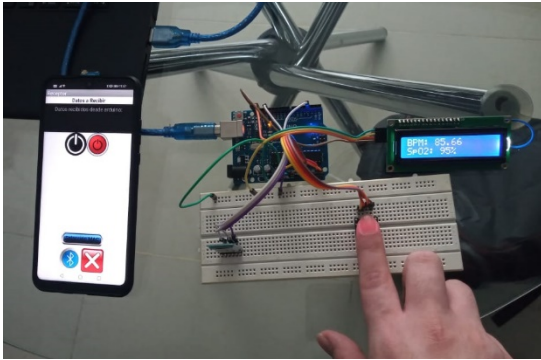


Una vez encendido estará a la espera de que la persona coloque el dedo en el fotosensor para que empiece a medir el pulso cardiaco y su saturación de oxígeno.

Además de esto, se logró tener la adquisición de la información deseada con su respectiva APK para Android y si dado el caso se pueda hacer la adquisición de datos de forma remota (a una distancia aproximada de 10m), se ve de esta forma:

Figura 34

Encendido del sensor con su respectiva aplicación en celular



También se realizaron pruebas con un sensor real el cual emulaba unas condiciones de medición para observar si el sensor realizaba la adquisición en las mismas condiciones.

Figura 35

Simulador de pulsioximetría



3. Resultados

Luego de explicar cada complemento utilizado para la ejecución final del sensor, lo encendimos para empezar la adquisición de

las señales de pulso que deseamos observar en nuestro trabajo.

En el desarrollo planteado del proyecto, los resultados que se obtuvieron al colocar el dedo de un paciente en el sensor fueron los siguientes:

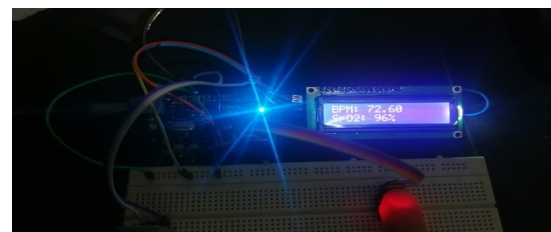
Figura 36

Demostración de la medición de pulso y oximetría en una persona



Figura 37

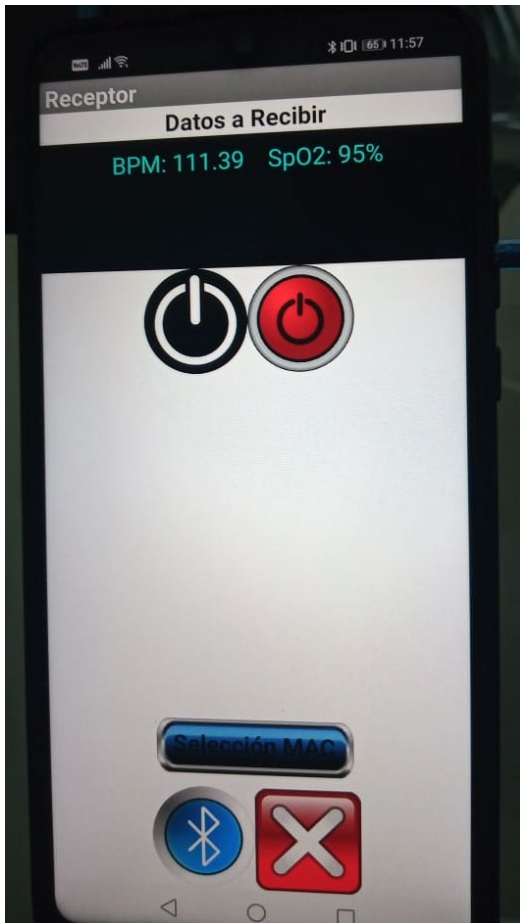
Variación De Los Datos Captados



Ahora los resultados arrojados que utilizaron el sensor y la aplicación fueron:

Figura 38

Datos generados por el sensor y registrados en la aplicación



En las pruebas con el sensor real se alcanzó a observar una medición simultánea, pero no se alcanza a captar en la imagen de la demostración ya que el sensor toma la información muy rápido del otro sensor real dándonos como resultado lo siguiente:

Figura 39

Simulación entre el sensor del proyecto vs el dispositivo con sensor real.



4. Análisis de resultados

Después de realizar nuestro sensor con la respectiva aplicación Android para celulares y que esta misma captara la información de las personas en las que se probó y en el sensor real, los datos obtenidos por el sensor desarrollado fueron unas lecturas aceptables, acorde a lo que se deseaba obtener en la captación de esta.

A diferencia de proyectos anteriores (López Serrano, D. (2017).) se realizaron pruebas con equipos reales, donde la captación con la simulación real, se obtuvieron datos fugaces, pero asertivos a lo que se quería realizar con los objetivos planteados el cual era validar nuestra información obtenida por el sensor con la información que nos daba el sensor de pulso real.

5. Conclusiones

En la culminación de nuestro proyecto se alcanzaron los objetivos deseados para el buen desarrollo en prácticas para los futuros estudiantes en el laboratorio de la facultad de ingeniería biomédica, asegurando que puedan realizar sus actividades electrónicas con el uso del sensor con su respectiva APK donde podrán tener apropiación del proyecto y ver cómo funciona la adquisición de señal cardiaca, cómo funciona y cómo se elaboraron sus complementos para la adquisición de esta.

Las conclusiones son una descripción precisa de los resultados de la investigación donde se refleja el significado de los logros del estudio realizado.

Referencias

Abarca Álvarez, A., & Abril Duro, J. M. (2002). Medidor del pulso periférico y el ritmo cardíaco. Electro componentes, (sin fecha), Display LCD 1602 + i2c Modulo serie Verde

Negro Pantalla HD44780 16x02 PCF8574 - ELECTROcomponentes.es, recuperado el 10 de octubre de 2020 de <https://www.electrocomponentes.es/pantallas/display-lcd-1602-i2c-modulo-serie-verde-negro-pantalla-hd44780-16x02-pcf8574-1024-.html>

Engr Fahad,(4 de octubre 2020) , Bluetooth Pulse Oximeter using Max30100, and Arduino Nano, SpO2 and BPM,

Engr Fahad,(27 de septiembre de 2020) , Max30100 pulse Oximeter Arduino Code, circuit, and Programming. Recueprado el 29 de septiembre de 2020 de <https://www.electronicclinic.com/max30100-pulse-oximeter-arduino-code-circuit-and-programming/>

Gómez Vizcaíno, S.,& Suntasig Soria, F. (2011). Diseño y construcción de un prototipo de oxímetro de pulso. Proyecto Final de Carrera.

How Equipment Works, (sin fecha), How pulse oximeters work explained simply, Recuperado el 29 de septiembre de 2020) de https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/

Jadiaz, (21 de enero del 2016), Placa Arduino UNO | MiArduino, recuperado el 12 de octubre de 2020 de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

Lucy Villeda, (18 de junio de 2018), itmo Cardíaco: ¿cuándo Se Puede Hablar De Un Ritmo Cardíaco "normal"? | Nación Farma: Salud Y Medicina Para Todos, Recuperado el 10 de octubre de 2020 de <https://nacionfarma.com/ritmo-cardiaco-cuando-se-puede-hablar-de-un-ritmo-cardiaco-normal/#:~:text=Ritmo%20cardiaco%20normal&text=El%20ritmo%20normal%20de%20cualquier,de%2070%20a%20190%20bpm>

Recuperado el 8 de octubre de 2020 de <https://www.electronicclinic.com/bluetooth-pulse-oximeter-using-max30100-and-arduino-nano-spo2-and-bpm/>

Ruben Estrada, (sin fecha), Modulo bluetooth hc-05, recuperado el 10 de octubre de 2020 de <https://hetpro-store.com/modulo-bluetooth-hc-05/#:~:text=El%20Bluetooth%20HC%2D05%20es,a%20los%20dispositivos%20a%20comunicar.>

Yúbal Fernández, (03 de agosto del 2020), Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno, recuperado el 10 de octubre del 2020 de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>