

Sistema portátil no invasivo para el monitoreo y despliegado de los signos vitales de pacientes en salas de urgencias en un dispositivo móvil

Israel Santoyo-Luévano, Carlos Avilés-Cruz, Arturo Zuñiga-López

Universidad Autónoma Metropolitana,
Departamento de Electrónica,
División de Ciencias Básicas e Ingeniería,
México

{issl, caviles, azl}@azc.uam.mx

Resumen. En este trabajo se presenta un sistema computacional no invasivo para monitorear y desplegar signos vitales, como lo son la temperatura, saturación de oxígeno en sangre, pulsos cardíacos y presión arterial. Se utiliza una tarjeta de adquisición de datos Arduino para recibir los datos obtenidos por los sensores y enviarlos a través de la señal Bluetooth a un dispositivo móvil que los despliegue en una aplicación (App). El sistema propuesto tiene la finalidad de apoyar en las salas de urgencias, reduciendo el tiempo de valoración de los pacientes en función de sus signos vitales.

Palabras clave: Signos vitales, Arduino, teléfono celular, oxigenación en la sangre, temperatura, pulso cardíaco.

Portable Non-invasive System for Monitoring and Displaying Vital Signs of Patients in Emergency Rooms on a Mobile Device

Abstract. This work presents a non-invasive computer system to monitor and display vital signs, such as temperature, blood oxygen saturation, cardiac pulses, and blood pressure. An Arduino data acquisition card is used to receive the data obtained by the sensors and send them through the Bluetooth signal to a mobile device that displays them in an application (App). The proposed system is intended to support emergency rooms, reducing the assessment time of patients based on their vital signs.

Keywords: Vital signs, Arduino, mobile device, blood oxygen saturation, temperature, cardiac pulses.

1. Introducción

En la actualidad en las salas de emergencia en los hospitales de México se presenta una saturación en la demanda del servicio, que es producto de la falta de personal médico. En consecuencia los pacientes deben esperar más de 30 minutos desde que realizan su registro en la ventanilla de la recepción hasta su valoración médica ó toma de signos vitales (SV). En hospitales del sector público como el Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS), el tiempo de espera es de **51 minutos**, y en la mayoría de los hospitales estatales es de **56.7 minutos** [1].

Esto puede propiciar que se dé el caso de que algún paciente pueda sufrir una complicación al no ser valorado desde su llegada.

La Organización Panamericana de la Salud (*OPS*) define a los sistemas de salud basados en la Atención Primaria de Salud (*APS*) como:

“un enfoque amplio de la organización de los sistemas de salud, que hace del derecho a alcanzar el mayor nivel de salud posible su principal objetivo, al tiempo que maximiza la equidad y la solidaridad del sistema”.

Un sistema de *Triage* estructurado debe ser entendido como un sistema integral de atención de calidad para los cuartos de urgencias, ya que garantiza su categorización, según el grado de urgencia de los síntomas y signos vitales que presentan. El Triage tiene 4 indicadores de calidad (IC), que se muestran a continuación [2]:

1. *Índice de pacientes perdidos sin ser visitados por el médico*: El estándar establecido se sitúa en \leq al 2 % del total de pacientes que acuden a urgencias.
2. *Tiempo llegada/registro*: El tiempo desde la llegada del paciente al cuarto de urgencias hasta el momento en que se inicia la clasificación. El IC de tiempo *llegada/registro-triage* se define como el porcentaje de pacientes con este tiempo \leq 10 **minutos** sobre el tiempo total de pacientes clasificados. Se establece un estándar $>$ al 85 %. Complementariamente se establece un IC de tiempo de *registro-triage* \leq **15 minutos**, con un estándar $>$ al 95 %.
3. *Tiempo de duración del triage*: Se recomienda que el *tiempo de duración* de la clasificación sea \leq a 5 minutos en $>$ 95 %.
4. *Tiempo de espera para ser visitado*: Se establece que al menos un 90 % de los pacientes tienen que ser visitados por el equipo médico en \leq a 2 horas desde su clasificación y el 100 % en \leq a 4 horas.

En este trabajo se propone un sistema de hardware y software que sea capaz de reducir tiempo de la valoración del paciente al realizar la toma de SV. Después de que se registren sus datos en recepción, se le colocará el sistema y los datos serán enviados mediante Bluetooth a un dispositivo móvil. Con los datos obtenidos se puede identificar el número del triage que le corresponde al paciente y así poder canalizarlo para que sea atendido de manera más eficiente y sin poner en riesgo su salud.

El sistema propuesto se puede utilizar no sólo en unidades de urgencias de hospitales, sino también en lugares como el servicio médico que se tiene dentro de las instalaciones de la universidad.

En la Fig. 1 se muestra el diagrama a bloques de funcionamiento del sistema propuesto, donde se puede ver la conexión de los sensores con la tarjeta de adquisición de datos y de transmisor bluetooth para enviar los datos al dispositivo móvil con una App que permita desplegar los SV.

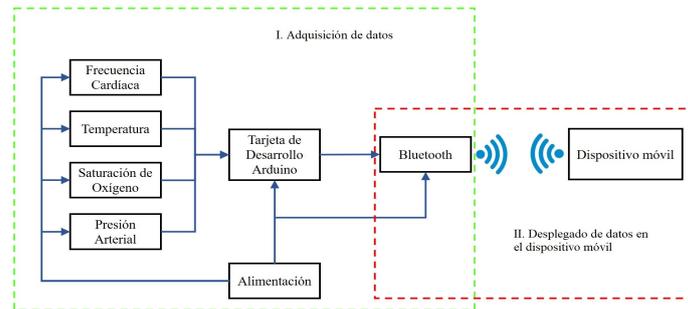


Fig. 1. Diagrama a bloques del funcionamiento del sistema.

El objetivo que se pretende lograr es que, con este dispositivo es que se pueda reducir el tiempo de espera antes mencionado a 10 minutos como lo recomienda la OPS [2] y así hacer más eficiente la clasificación de los pacientes según su grado de urgencia.

2. Estado del arte

Los SV son indicadores que reflejan el estado fisiológico de los órganos vitales (cerebro, corazón y pulmones), estos muestran de manera inmediata los cambios funcionales que suceden en el organismo, los cuatro SV son: la temperatura corporal, pulso, respiración y tensión arterial [3,4].

Zeid y otros muestran una aplicación en un dispositivo móvil con sistema operativo Android para desplegar los SV que son monitoreados por los médicos, ya que estos son capaces de conectar las señales recibidas de los dispositivos de varios pacientes y así recibir las lecturas directamente a su dispositivo móvil, es parecido al sistema propuesto en este trabajo al enviar los datos a un dispositivo móvil [5].

En la Fig. 2 Yong-Jun An y otros, presentan el desarrollo de un sensor de pulso de muñeca no intrusivo para detectar señales de pulso muy débiles de las arterias principales, diseñaron una técnica que mejora de la sensibilidad utilizando un resonador de matriz de radiofrecuencia (RF), es igual que el sistema que se propone en este trabajo al no ser invasivos y de puede usar en la muñeca [6].

En la Fig. 3 Bibb y otros muestran en desarrollaron un sistema de monitoreo de SV utilizando antenas inalámbricas basadas en microondas. Su sistema utiliza

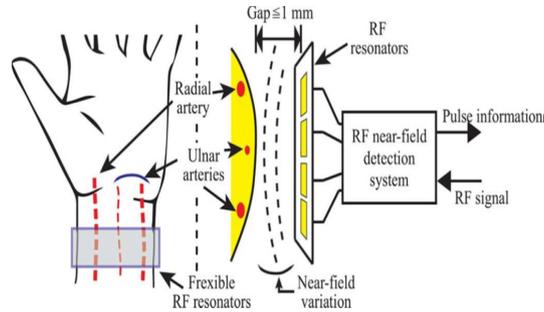


Fig. 2. Sitios del cuerpo para obtener la medición del pulso [5].

un sensor de antena de acoplamiento de energía electromagnética, equipado con una aplicación móvil para mostrar los valores procesados en tiempo real [7].

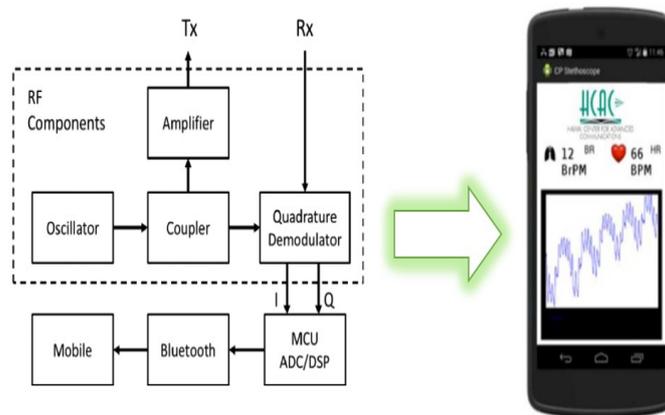


Fig. 3. Diagrama a bloques del sistema y datos desplegados en un dispositivo móvil [7].

Coultier y otros muestra un monitor de SV que utiliza los sensores de temperatura para detectar las señales bio-eléctricas, a las cuales se les aplican filtros pasa bajas con el OPAA277 para poder obtener la señal del sensor sin ruido [8].

Moreno y otros muestran en su trabajo un sistema para monitoreo de SV que sólo mide el ritmo cardíaco, la frecuencia respiratoria y la temperatura; con la ayuda de un algoritmo analizan las señales obtenidas para determinar los SV que están tratando de medir y utilizan un sistema basado en la tarjeta de desarrollo, su sistema es similar al propuesto, pero éste también medirá saturación de oxígeno en la sangre [9].

Heydari y otros proponen un método no invasivo basado en técnicas de tiempo de llegada del pulso que le permiten monitorear la presión arterial, investigan el cálculo de presión de sangre, basado en cinco lecturas de tiempo de llegada del pulso (PAT) diferentes usando Bio-impedancia (BImp) en el hombro como alternativa a fotoplethismografía (PPG) [10].

May y otros propusieron un sistema que permite medir los SV desde el interior de la tráquea, presentando una idea diferente del sitio para realizar la medición, es referente para este trabajo propuesto, ya que se desea realizar las mediciones de los SV desde la muñeca o del antebrazo de los pacientes [11].

Hung y otros proponen un sistema que permita realizar un monitoreo post-operatorio de los SV a pacientes desde su domicilio y guardarlos en la nube, este sistema al igual que el propuesto tiene la ventaja de poder utilizarlo desde casa [12].

J. M. May et al proponen el método de muestreo de SV en la tráquea, utilizando un sensor capaz de estimar la oxigenación en la sangre y la frecuencia del pulso, como lo muestran una opción diferente de la ubicación de los sensores llegando a valores cercanos obtenidos con instrumental de monitores clínico [13].

3. Marco teórico

3.1. Signos vitales

Los *signos vitales SV* son los valores que permiten estimar la efectividad de la circulación, respiración y funciones neurológicas basales. Son la cuantificación de acciones fisiológicas, como **frecuencia cardíaca (FC)**, **frecuencia respiratoria (FR)**, **temperatura corporal (TC)**, **presión arterial (PA)** y **oximetría(OXM)**, que indican si un individuo está vivo. Cambian de persona a persona y en el mismo individuo en diferentes momentos del día [3,16].

Las principales variables que afectan los son:

- Edad,
- Género,
- Ejercicio físico,
- El embarazo,
- Estado emocional,
- Hormonas,
- Medicamentos.

Pulso arterial El **pulso arterial** es la onda pulsátil de la sangre, que se origina en la contracción del ventrículo izquierdo del corazón y contracción regular del calibre de las arterias, representa el rendimiento del latido cardíaco y la adaptación de las arterias. La velocidad del pulso, es decir los latidos del corazón por minuto, corresponde a la **frecuencia cardíaca**.

Las características que se estudian al medir el pulso arterial son [3]:

- Frecuencia: número de ondas percibidas por minuto.

- Ritmo: el ritmo es normal regular.
- Volumen o amplitud: Normal cuando el pulso se puede sentir con los dedos con facilidad.
- Elasticidad: capacidad de expansión o deformación de la pared arterial bajo la onda pulsátil. Una arteria normal, es lisa, suave y recta.

Los sitios más usados para medir el pulso son, el *carotídeo*, *radial*, *braquial* y *femoral*.

El ritmo cardíaco habitualmente es regular y con frecuencia cardíaca dentro de la normalidad es entre 60 y 100 latidos por minuto (lpm), aunque determinadas enfermedades pueden provocar que el ritmo cardíaco sea irregular, rápido o lento. En la Tabla 1 se muestran la frecuencia cardíaca típica en reposo, clasificándolas por edades [3].

Tabla 1. Frecuencia cardíaca típica en reposo.

Latidos por minuto	Población
100 a 160	Recién nacidos
70 a 120	Niños de 1 a 10 años
60 a 100	Niños mayores de 10 años, adultos y ancianos
40 a 60	Atletas de alto rendimiento

Presión arterial La presión arterial (**PA**) resulta de la fuerza ejercida por la columna de sangre impulsada por el corazón hacia los vasos sanguíneos, la fuerza de la sangre contra la pared arterial en la *presión sanguínea* y la resistencia opuesta por las paredes de las mismas es la *tensión arterial*. La *presión sistólica* es la presión de la sangre debida a la contracción de los ventrículos y la *presión diastólica* es la presión cuando los ventrículos se relajan. Sus valores se registran en milímetros de mercurio (**mm/Hg**). En la Tabla 2 se muestran los valores normales de la presión arterial.

Tabla 2. Valores normales de la presión sistólica y diastólica, dependiendo de las edades.

Edad	Presión sistólica (mm/Hg)	Presión diastólica (mm/Hg)
Lactante	60 - 90	30 - 62
2 años	78 - 112	48 - 78
8 años	85 - 114	52 - 85
12 años	95 - 135	58 - 88
Adulto	100 - 140	60 - 90

Algunas alteraciones de la PA para clasificar a un individuo en una categoría, se debe promediar al menos dos mediciones de PA tomadas en dos o más controles sucesivos, distintos al control inicial.

1. Hipertensión arterial (HTA): elevación de la presión vascular sanguínea, es la PA anormalmente por encima de 140 mmHg para la PAS o de 100 mmHg para la PAD en varias tomas.
2. Hipotensión arterial: Es la tensión o presión baja en la sangre, es una PA anormal baja, por debajo de 100 mmHg de la PAD. Esta condición puede no ser tan molesta como la hipertensión, a pesar de producir mareos, debilidad, lipotimia, somnolencia y malestar inespecífico asociado a la disminución del gasto cardíaco.

Saturación de oxígeno en la sangre (S_pO_2) El oxígeno es un elemento crucial para el funcionamiento de las células que componen nuestro organismo y, por lo tanto, para el funcionamiento general del mismo. La detección de los niveles reducidos de oxígeno en sangre es un *indicador clave* para identificar a los pacientes que requieren una intervención inmediata. La entrega del oxígeno a las células se realiza gracias a los sistemas respiratorio y circulatorio de nuestro cuerpo [17]. Se lleva a cabo a través de la ventilación, que se compone por:

1. Inspiración o inhalación: El diafragma se contrae y desciende mientras los músculos intercostales y los pectorales amplían el volumen de los pulmones.
2. Espiración o exhalación: Las neuronas respiratorias inhiben cíclicamente a las motoras encargadas de la contracción, debido a esto los músculos se relajan, disminuyendo el volumen de los pulmones y elevando el diafragma.

En la Tabla 3 se muestra que el valor ideal de la oxigenación en la sangre es del 95 % y las acciones a seguir en caso de que el % de oxígeno en la sangre sea menor [15].

Para calcular el grado de oxihemoglobina se hace mediante la ecuación 1 donde H_bO_2 es la hemoglobina oxigenada y H_b es la desoxigenada:

$$S_aO_2 = \frac{H_bO_2}{(H_bO_2 + H_b)}. \quad (1)$$

Algunas alteraciones de la oximetría se detectan en pacientes normosaturados (mayor de 95 %) o con leve saturación (entre 93 y 95 %), moderada (saturación entre 88 y 92 %) y grave (saturación menor de 88 %). Algunos sitios para tomar la oximetría pueden ser cualquier parte de cuerpo donde la piel sea *translúcida* y con buen flujo de sangre como los **dedos de la mano** o del pie y el lóbulo de la oreja [18].

Temperatura corporal Se define como el grado de calor conservado por el equilibrio entre calor generado (*Termogénesis*) y el calor perdido (*Termólisis*) por el organismo, la temperatura corporal promedio normal de los adultos sanos,

Tabla 3. Acciones a seguir según sea el nivel del % de saturación de oxígeno en la sangre.

% Saturación	Acciones
>95 %	Ninguna acción
95 - 90 %	Tratamiento inmediato y monitoreo de la respuesta al mismo, según ésta, hacer una valoración. Los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas toleran saturaciones en torno a estos valores.
<90 %	Enfermo grave, Hipoxia severa, Oxigenoterapia + tratamiento y traslado a hospital
<80 %	Valorar intubación y ventilación mecánica.
En niños con <92 %: remitida hospital aunque presenten mejoría con maniobras iniciales, por ser más incierta su respuesta al tratamiento.	

media medida en la *cavidad bucal*, es de 36.8 ± 0.4 °C. Existen diferencias en los valores, de acuerdo con la zona del cuerpo en que se realice la medición, como se muestra en las Tablas 4 y 5 los valores normales de la temperatura de las personas[16].

Tabla 4. Variaciones de mediciones de la temperatura corporal en diferentes partes del cuerpo.

Zona de muestra	Medición
Bucal	36.8°C (± 0.4 °C)
Rectal	+0.3 °C
Axila	-0.6 °C

Tabla 5. Variaciones normales de temperatura.

Edad	Grados centígrados(°C)
Recién nacido	36.1- 37.7
Lactante	37.2
2-8 años	37.0
8-15 años	36.5 - 37.0
Adulto	36.4 - 37.2
Vejez	≤ 36.0

4. Metodología propuesta

Los sensores se escogieron por ser pequeños, de bajo consumo de corriente y por que comparten los mismos requerimientos de voltaje que la tarjeta de desarrollo. En el caso del sensor de temperatura MXL90614 viene calibrado de fabrica, el sensor de pulsos ADA-1093 y el sensor de oxigenación en la sangre MAX30102 tienen circuitos amplificadores de la señal y cancelación de ruido. y el modulo bluetooth se escogió por ser una señal de baja potencia y no interfiere con los dispositivos que se encuentran detrás de la sala de emergencias.

4.1. Medición de signos vitales

En la Fig. 4 se muestra el diagrama que ilustra las etapas fundamentales del sistema, la línea roja es la conexión de la batería a los sensores, la tarjeta de adquisición de datos y el módulo bluetooth, las línea amarilla y verde son la conexión para envío de datos y la transmisión inalámbrica bluetooth.

- **1er. Etapa:** Se programan los sensores (Sensor de ritmo cardíaco, de presión arterial, temperatura y el oxímetro) con la tarjeta de adquisición de datos Arduino.
- **2da. Etapa:** Se programa la tarjeta de desarrollo, Arduino con el dispositivo Bluetooth para realizar la comunicación con el dispositivo móvil (SmartPhone) o PC.

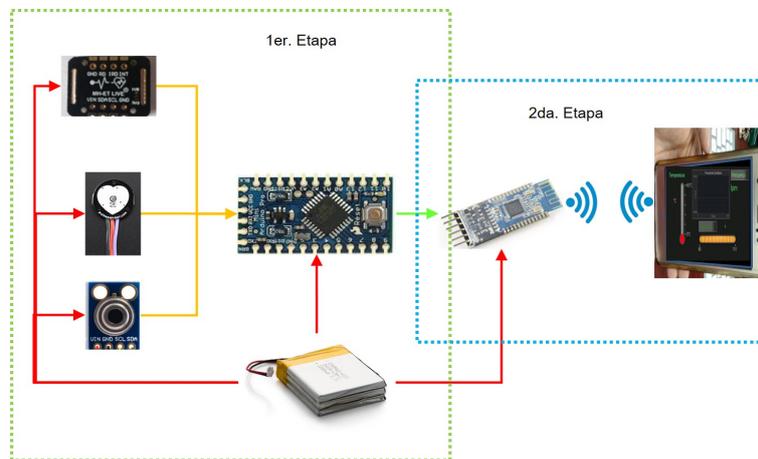


Fig. 4. Metodología utilizada para la construcción del sistema.

Como se vio en la introducción, en la Fig. 4 ahora se va a describir por partes la configuración de cada uno de los sensores, el módulo Bluetooth con la tarjeta de desarrollo Arduino.

Frecuencia cardíaca y presión arterial Para la frecuencia cardíaca se usa el **sensor de pulsos ADA-1093**, que se muestra en la Fig. 5 añade circuitos de amplificación y cancelación de ruido a su hardware y sus lecturas de pulso son confiables.



Fig. 5. Sensor de pulsos ADA-1093.

Saturación de oxígeno en la sangre (S_pO_2) El sensor **MAX30102** mide oximetría de pulso integrada que incluye LED internos, fotodetectores, elementos ópticos y electrónica de bajo ruido con rechazo de luz ambiental. El MAX30102 sus dimensiones pequeñas proporcionan una solución completa del sistema al facilitar el diseño del dispositivo, en la Fig. 6 se muestra al circuito integrado.

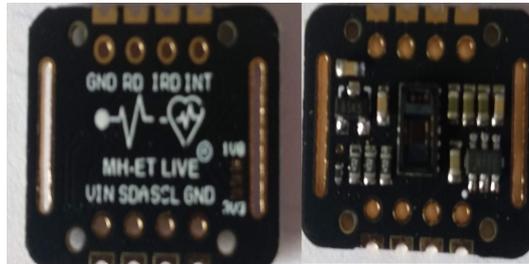


Fig. 6. Sensor MAX30102.

4.2. Temperatura

La temperatura se mide con el sensor **MLX90614**, ya que es un termómetro infrarrojo para mediciones de temperatura de contacto. Gracias a su amplificador de bajo ruido, ADC de 17 bits y potente unidad DSP, el termómetro alcanza una alta precisión y resolución.

El termómetro viene calibrado de fábrica con una salida digital PWM y SMBus (Bus de gestión del sistema). Como estándar, el PWM de 10 bits está configurado para transmitir continuamente la temperatura medida en rango de $-20 \cdots 120$ °C, con una resolución de **salida de 0.14** °C. En la Fig. 7 se muestra el sensor.

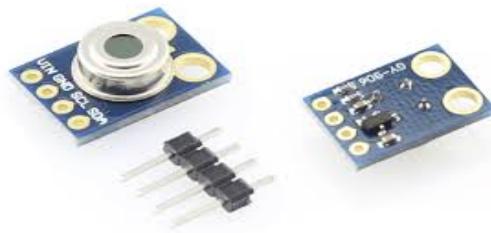


Fig. 7. Sensor MLX90614.

4.3. Módulo bluetooth

En la Fig. 8 se muestra el módulo Bluetooth **HC-05** que se va a utilizar para realizar la comunicación inalámbrica al ser un dispositivo económico y puede ser configurado como *maestro-esclavo*, ya que puede conectarse a una tablet o PC, y con otros dispositivos Bluetooth.



Fig. 8. Módulo Bluetooth HC-05.

4.4. Alimentación del sistema

En la Fig. 9 se muestra la batería de litio DTP5O3048 que se va utilizar por ser pequeña y es de 3.7 volts a 750 mAh. Se escogió esta batería ya que los sensores y la tarjeta de adquisición funcionan con 3.3 volts.



Fig. 9. Batería par alimentar al sistema.

5. Experimentación y generación de muestras

5.1. Medición de signos vitales

En la Fig. 10 se muestra el diagrama eléctrico del dispositivo propuesto, donde se puede observar los pines a los que se conecta cada sensor a la tarjeta de desarrollo.

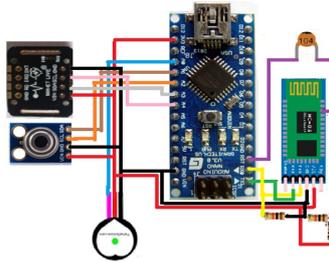
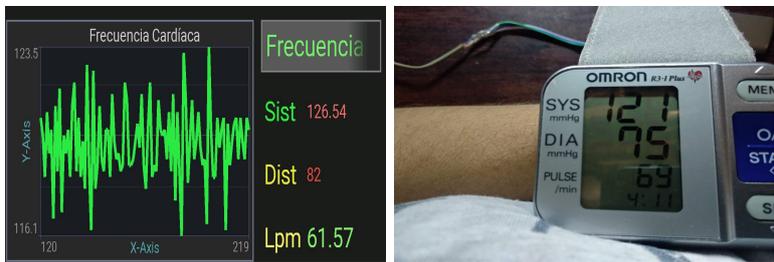


Fig. 10. Diagrama eléctrico de conexión.

Después de programar los sensores con la tarjeta de desarrollo se procedió a realizar algunas pruebas para comparar las lecturas de los sensores con sensores comerciales. En el caso del sensor de pulsos ADA-1093 se obtiene la representación de la señal como se muestra en la Fig. 11(a).

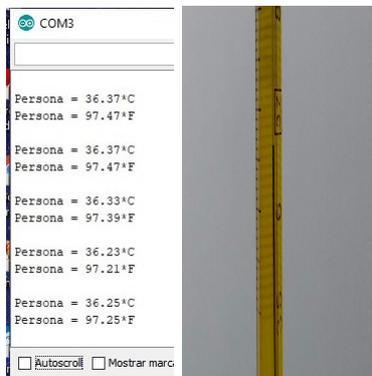
En la Fig. 11 se muestran los datos obtenidos con el sensor de pulsos ADA-1093 y un Monitor de Presión Arterial OMRON modelo R3-IPlus. En la Fig. 11(a) se muestran las lecturas del sensor de pulsos de presión arterial y en la Fig. 11(b) los obtenidos con el Monitor.

En la Fig. 12 se muestra la comparación de las lecturas obtenidas con el sensor MLX90614 y con un termómetro de mercurio y en la Fig. 12(a) se muestran las del sensor MLX90614 y en la Fig. 12(b) se muestra la lectura de un termómetro de mercurio. Como se pudo observar, el sensor MLX90614 es muy eficiente ya que el tiempo necesario para obtener una lectura estable es de 30 segundos.



(a) Lecturas del sensor ADA-1093 (b) Lectura del Monitor de Presión OMRON R3-IPlus

Fig. 11. Comparación del sensor ADA-1093 con un Monitor de Presión OMRON R3-IPlus.



(a) Sensor (b) Termómetro de mercurio

Fig. 12. Comparación del sensor MLX90614 con un termómetro de mercurio.

En la Fig. 13 se muestra el comparativo de la medición de pulsos cardíacos entre el sensor MAX30102 y un Monitor de Presión Arterial OMRON modelo HEM-6131. Con el sensor MAX30102 se midió la saturación de oxígeno en la sangre y la frecuencia cardíaca.

En la Fig. 13(a), se muestran los datos obtenidos con dicho sensor, al igual que en el caso del sensor de temperatura, este es muy preciso y en 20 segundos ya se tenía una lectura estable. En la Fig. 13(b) se muestra la lectura de un Monitor de Presión Arterial, con la que podemos comparar los datos de pulsos por minuto.

Después de realizar las pruebas de control con sensores y Monitores de Presión, se procedió a colocar los sensores en una tablilla para conectarlo con el dispositivo móvil mediante bluetooth, en la Fig. 14 se muestra el dispositivo colocado en una persona.

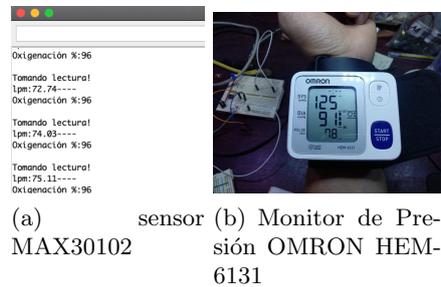


Fig. 13. Comparación del sensor MAX30102 con un Monitor de Presión OMRON HEM-6131.



Fig. 14. Sensores en mano del paciente.



Fig. 15. Aplicación para desplegar los SV.



Fig. 16. App desplegando los datos de los sensores.

Con el sistema armado y colocado en la mano del paciente se procede con el desplegado de los datos en el dispositivo móvil.

5.2. Desplegado de signos vitales en dispositivo móvil

Después de comprobar el funcionamiento del sistema al ser capaz de obtener los SV se procedió a configurar la tarjeta de adquisición de datos Arduino con el módulo Bluetooth para enviar los datos al dispositivo móvil, y con la App ya configurada se utiliza para desplegar los resultados. La Fig. 15 muestra como quedó la App configurada en el dispositivo móvil.

Tras seleccionar el dispositivo bluetooth, se selecciona la pantalla donde se tienen las ventanas para desplegar las señales recibidas y en la Fig. 16 se muestra la App funcionando y desplegando los datos del sensor de temperatura, los lpm y los valores de la oxigenación en la sangre.

6. Conclusiones

Se logró exitosamente el diseño, construcción e implementación del hardware necesario para la captura de señales de signos vitales. Los sensores de temperatura, saturación de oxígeno en sangre, pulsos cardíacos y presión arterial funcionaron de acuerdo a como se esperaba. La conexión Bluetooth entre la tarjeta de adquisición de datos Arduino y el teléfono celular funcionó bien y sin problema. El despliegue de las señales en el celular fueron de acuerdo a lo que esperaba en tiempo real y sin retrasos.

Como trabajo futuro se pretende realizar el diseño de una App de Realidad Aumentada que permita reconocer al paciente mediante un algoritmo de reconocimiento facial en un dispositivo móvil. Que sea capaz de comunicarse con el sistema de medición de signos vitales y desplegar los mediante objetos virtuales sobrepuestos en la imagen del paciente.

Referencias

1. Consejo Nacional para la Evaluación de la Política del Desarrollo Social (CONEVAL): Estudio Diagnóstico del Derecho de la Salud (2018)
2. Gómez-Jiménez, J., Ramón-Pardo, P., Rua-Moncada, C.: Manual para la implementación de un sistema de triaje para los cuartos de urgencias. Organización Panamericana de la Salud (2010)
3. Corral-Quiroz, R.J., Corral-Mendoza, M.G.R., Juárez-Barrón, M.E., Ochoa-Chávez, M.L.: Signos vitales: Conocimiento y cumplimiento de técnicas de medición, Revista de Enfermería IMSS (2006)
4. Berman, A., Snyder, S.J., Koziar, B., Erb, G.: Fundamentos de enfermería, conceptos, proceso y prácticas. Pearson, Prentice Hall (2008)
5. Zeid-Daou, R.A., Aad, E., Nakhle, F., Hayek, A., Börcsök, J.: Patient vital signs monitoring via android application. In: International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME) (2015)
6. Yong-Jun An, Byung-Hyun Kim, Gi-Ho Yun, Sung-Woo Kim, Seung-Bum Hong, Joung-Gwan Yook: Flexible non-constrained RF wrist pulse detection sensor based on array resonators. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, 10(2) (2016)
7. Bibb, D., Perron, R.R.G., Chao-huang, G., Iskander, M.F.: Development of a wireless monitoring system for microwave-based comprehensive vital sign measurement. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 15 (2016)
8. Coultier, S., Mostes, M., Lightbody, G., Popovici, E., Fennell, W.: Low power IoT platform for vital signs monitoring. In: 28th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)(2017)

9. Moreno, S., Quintero, A., Ochoa, C., Bonafante, M., Villareal, R., Pestana, J.: Remote monitoring system vital signs for triage and detection of anomalous patient state in the emergency room. In: 2016 XXI Symposium on Signal Processing, Images and Artificial Vision (STSIVA) (2016)
10. Heydari, F., Ebrahim, M.P., Redoute, J.M., Joe, K., Walker, K., Yuce, M.R.: A chest-based continuous cuffless blood pressure method: Estimation and evaluation using multiple body sensors. *Information Fusion*, 54, pp. 119–127 (2019)
11. May, J.M., Tracey-Flitchat, P., Ramaswamy, S., Snidvongs, S., Kyriacou, P.A.: A Novel Photoplethysmography Sensor for Vital Signs Monitoring from the Human Trachea. *Biosensors* 9(4) (2019)
12. Lun-Ping Hung, Chung-Cheng Lin: A multiple warning and smart monitoring system using wearable devices for home care. *International Journal of Human-Computer Studies*, 136 (2019)
13. Corral-Quiroz, R.J., Corral-Mendoza, M.G.R., Juárez-Barrón, M.E., Ochoa-Chávez, M.L.: Signos vitales: conocimiento y cumplimiento de técnicas de medición. *Revista Enfermería IMSS* (2006)
14. López-Herranz, G.P.: Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. *Revista Médica del Hospital General de México*, 66(3) (2003)
15. Mejía-Salas, H., Mejía-Suárez, M.: Oximetría de pulso. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 2012, 51(2), pp. 149 (2012)
16. Flores, N.: Facultad Ciencias de la Salud Kinesiología Chillán: Guía Clínica de Control de Signos Vitales. *Revista Enfermería y Primeros Auxilios* (2013)
17. Berman, A., Snyder, S.J., Kozier, B., Erb, G.: *Fundamentos de Enfermería, Conceptos, Proceso y Prácticas*. Pearson, Prentice Hall (2008)
18. Villegas-González, J., Villegas-Arenas, O.A., Villegas-González, V.: Semiología de los Signos Vitales: Una Mirada Novedosa a un Problema Vigente. *Archivos de Medicina*, 12(2) pp. 221–240 (2012)