

SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES

Pedro de Jesús López Cacho, Juana Lizbeth González Casillas, Felipe de Jesús Gamiño Trejo, Alexa Fernanda Gutiérrez Medrano, Tania Judith Mendoza Torres

Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica del Bicentenario (UPB),
Romita, Guanajuato, México.

plopezc@upbicentenario.edu.mx, jgonzalezc@upbicentenario.edu.mx

RESUMEN

El presente artículo describe el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo de signos vitales, que permite la obtención de 4 parámetros fisiológicos: saturación de oxígeno, presión arterial, frecuencia cardíaca y temperatura corporal, es un dispositivo no invasivo de fácil uso que permite la tele monitoreo de forma constante y precisa para llevar a cabo un correcto diagnóstico por medio de telemedicina.

El sistema realizado cuenta con la técnica de Pletismografía por medio de un circuito analógico, procesamiento de la señal con un microcontrolador (Arduino) y la visualización de las variables en una plataforma de PHP con una base de datos para almacenar los cuatro parámetros fisiológicos y datos del usuario.

Palabras Claves: Hemodinámico, Telemedicina, Tele monitoreo

ABSTRACT

This article describes the development and implementation of a vital signs monitoring system, which allows obtaining 4 physiological parameters: oxygen saturation, blood pressure, heart rate and body temperature, it is a non-invasive device easy to use that allows constant and accurate remote monitoring to carry out a correct diagnosis through telemedicine.

The system uses the plethysmography technique by means of an analog circuit, signal processing with a microcontroller (Arduino) and the visualization of the variables in a PHP platform with a database to store the four physiological parameters and user data.

Keywords: Hemodynamic, Telemedicine, Telemonitoring

1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de signos vitales (SV) son parámetros que permiten estimar la eficiencia de las funciones básicas circulatorias, respiratorias, neurológicas y su transcripción para diversos estímulos fisiológicos y patológicos. Se trata de la cuantificación de parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca (FC), la presión arterial (PA), la temperatura corporal (TC) y la oximetría (OXM), que indican la supervivencia y calidad de vida. Los parámetros varían de

un individuo a otro y dentro del mismo pueden ser diferentes en distintos momentos del día. Cualquier alteración de los valores comunes sugiere una disfunción corporal y, por tanto, un estado mórbido. En la actualidad, el hábito de tomar los datos de SV se ha integrado en las tecnologías de la comunicación, en sistemas electrónicos digital en beneficio de los pacientes, conformando así un método de tratamiento y seguimiento a distancia. Las principales variables que modificaron los signos vitales son la edad, el sexo, el ejercicio, el embarazo, el estado emocional, las hormonas, los medicamentos y el estado hemodinámico. Hoy en día abunda la telemedicina, lo que es posible gracias a la infraestructura de telecomunicaciones que tenemos. Llevar a cabo un sistema en conjunto de cuatro parámetros fisiológicos, es de gran importancia, ya que en el mercado es común conseguirlos de forma individual o si se encuentran en conjunto, suelen ser a un precio alto, por lo que se busca el desarrollo de un sistema preciso, de calidad y accesible a la población.

1.1 Telemedicina

Gracias a la telemedicina, hoy en día podemos implementar las tecnologías de la información, la imagen de video y las telecomunicaciones para ofrecer mejores servicios de salud. Esto ha permitido la evolución de los equipos biomédicos. La tele rehabilitación es considerada una rama importante de la telemedicina y se refiere a la aplicación clínica de servicios consultivos, preventivos, diagnósticos y terapéuticos a través de tecnologías interactivas bidireccionales.

1.2 Frecuencia cardiaca

Es la pulsación que se lee de la sangre, se crea al contraer del ventrículo izquierdo del corazón y como resultado se tiene el movimiento normal del grosor de las arterias al recibir el movimiento; manifiesta el mecanismo del latido del corazón y el movimiento de las arterias. Igualmente, explica como es el movimiento de la válvula aortica. El pulso periférico se siente fácilmente al tocar la muñeca, cuello, cara y pie. Prácticamente se puede sentir en cualquier lugar donde se pueda crear presión entre una parte superficial de hueso y una arteria. La cantidad de latidos por minuto usualmente se destina a la frecuencia cardiaca (FC). El pulso y la frecuencia cardiaca (FC) tienen un ligero cambio en los parámetros regulares según la edad de la persona, La FC es más alta en niños y menor en adulto, como se muestra en la *Tabla 1*; para las personas adultas es más grande la cantidad del tiempo que se requiere para aumentar el pulso e igualmente para regresar a estado de reposo ^[2].

Tabla 1. Rango de frecuencia cardiaca por edades

Edad	Frecuencia cardiaca en reposo
Recién nacido 0 a 11 meses	100-160/min
Niños 1 a 6 años	65-140/min
Niños de 7 a 10 años	70-110/min
Niños de 11 años y adultos	60-100/min
Adultos mayores a 60 años.	60-menos/min

1.3 Saturación de oxígeno

La oximetría se basa en los principios fisiológicos de que la sangre oxigenada y desoxigenada, tiene diferente espectro de absorción. La sangre desoxigenada absorbe más luz en la banda roja (600 a 750 nm) y la oxigenada absorbe más luz en la banda infrarroja (850 a 1000 nm). La prueba del oxímetro emite luz a diferentes longitudes de onda, abarcando ambos espectros nombrados, la cual se transmite a través de la piel y es medida por un fotodetector; de acuerdo con el radio de la absorbancia de la luz, se correlaciona con la proporción de sangre saturada y desaturada en el organismo ^[1].

La saturación de la hemoglobina se saca mediante la siguiente fórmula (*Ecuación 1*):

$$SAO_2 = \frac{HbO_2}{(HbO_2 + Hb)}$$

Ecuación 1. Fórmulas para obtener la saturación de hemoglobina en la sangre

HbO₂ es la hemoglobina oxigenada y Hb es la desoxigenada. La *Tabla 2* nos muestra los parámetros aceptados como normales en la saturación de oxígeno.

Tabla 2. Rango de oximetría en adultos ^[4]

Valoración	Rango
Normal	97 a 100%
Normo saturados	Mayor a 95%
Desaturación leve	Entre 93 y 95%
Desaturación moderada	Entre 88 y 92%
Desaturación grave	Menor a 88%

1.4 Presión arterial

La presión arterial es el resultado de la fuerza ejercida por la sangre expulsada por el corazón hacia los vasos sanguíneos. La fuerza de la sangre contra la pared de la arteria es la presión sanguínea y la resistencia opuesta por las paredes de estas es la tensión arterial. Ambas fuerzas ya mencionadas son contrarias y equivalentes. La presión sistólica es la presión de la sangre debida a la contracción de los ventrículos y la presión diastólica es la presión que queda cuando los ventrículos se relajan^[1]. Se puede calcular la presión arterial media (PAM) mediante la siguiente formula (*Ecuación 2*):

$$PAM = \frac{Presión\ sistólica + 2(Presión\ diastólica)}{3}$$

Ecuación. 2: Formula para obtener la presión arterial media

Siendo lo normal una cifra menor de 95 mmHg. La PA es mayor en los adultos y más baja en los niños, como se muestra en la *Tabla 3*.

Tabla 3: Rango de presión arterial

Edades	Sistólica (mmHg)		Diastólica (mmHg)
Menores de 2 años	104 – 111	Y	70 - 73

3-5 años	108 - 115	Y	70 - 75
6-9 años	114 - 121	Y	70 - 73
10-12 años	122 - 125	Y	78 - 81
13-15 años	130 - 135	Y	80 - 85
Adolescentes 16-18 años	136 - 141	Y	84 - 91
18 años y Adultos	130	Y	80

1.5 Temperatura

Es la relación controlada el calor generado por el cuerpo y la dispersión de este. La temperatura regular del humano es diferente según su sexo, las actividades que haya hecho, lo que ingiera, el momento del día, y si es mujer, el momento en el que estén según su menstruación^[2].

Otro factor que afecta la temperatura del cuerpo es la etapa de la vida en la que se encuentre la persona, así como el lugar en el que se toma el parámetro, como se muestra en la *Tabla 4*.

Tabla 4: Rangos de temperaturas normales en distintas edades ^[3]

Edad	Temperatura axilar	Temperatura rectal
0 a 2 años	34.7°C – 37.3°C	36.6°C – 38°C
3 a 10 años	35.9°C – 36.7°C	-
11 a 65 años	35.2°C – 36.9°C	-
Más de 65 años	35.6°C – 36.3°C	-

2. Desarrollo Experimental

Para la creación tanto física como digital del circuito se comienza con la programación de cada uno de los sensores en conexión con la base de datos y Arduino para la obtención de la señal. Principalmente se debe de aclarar cuál será el circuito para crear para cada sensor a utilizar y posteriormente ir incorporando un sensor a la vez modificando la programación del Arduino hasta completar la lectura de todos los parámetros fisiológicos.

2.1 Sensor MAX30100

Comenzando con el sensor *MAX30100* sensor de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca, se realizará el circuito de la (*Fig. 1*). En esta se muestra los pines analógicos que se utilizarán los cuales en la programación no deben de duplicarse al colocar los demás sensores. Se debe señalar que este sensor es el único sensor para utilizar que requiere dos pines analógicos para su funcionamiento.

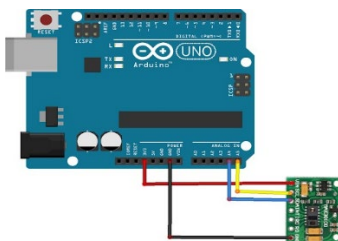


Figura 1. Diagrama de conexión del sensor de pulso-oximetría MAX30100

2.2 Sensor MPX5050.

Para el sensor de presión MPX5050 se utilizará el esquema de la (Fig. 2), en la cual se puede mostrar el pin Analógico a utilizar, la ventaja de utilizar este sensor es que no requiere librerías para su uso y esto a consecuencia facilita la configuración del pin a utilizar para su lectura.

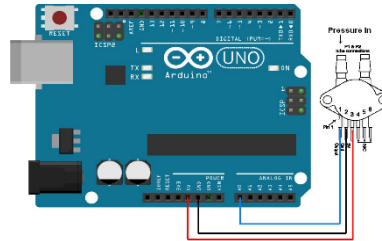


Figura 2. Diagrama de conexión de sensor de presión

2.3 Sensor Termistor

Para el termistor se utilizó un diagrama similar al de presión con la particularidad de que se configurará diferente para mostrar los valores según la temperatura que registre y el pin de entrada será diferente a los ya utilizados para los sensores anteriores (Fig. 3).

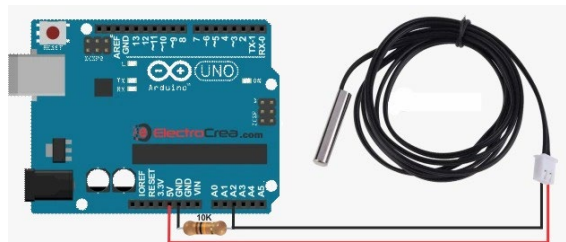


Figura 3. Diagrama de conexión para termistor

2.4 Desarrollo de la interfaz y base de datos

Para la realización del proyecto, se utilizarán tres programas de software principalmente; Xampp y Arduino. En primer lugar, se utilizará el programa de Arduino para programar la placa junto con los sensores, una vez que el circuito funcione óptimamente y se muestre los valores de los sensores en el puerto.

Se continúa con la interfaz en PHP y su conexión con la base de datos (Fig. 4) para poder ilustrar los valores concretos de los sensores ya siendo procesados y modificados para su análisis.

+ Upcomes												
			usuario	password	imagen	tipo	nombre	especial				
<input type="checkbox"/>	Editar	<input type="checkbox"/>	Copiar	<input type="checkbox"/>	Borrar	5	admin	a1Bz20ydgelm8m1wg21232297a57a5a743894a0e4a801fc3	3.jpg	administrador	sistemas	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30	1	a1Bz20ydgelm8m1wg202cb962ac59075b964b07152d234b70		Recien nacido	1	Mujer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31	2	a1Bz20ydgelm8m1wg202cb962ac59075b964b07152d234b70		Niñez	2	Mujer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32	3	a1Bz20ydgelm8m1wg202cb962ac59075b964b07152d234b70		Infancia	3	Mujer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	33	4	a1Bz20ydgelm8m1wg202cb962ac59075b964b07152d234b70		Adolecente	4	Mujer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	34	5	a1Bz20ydgelm8m1wg202cb962ac59075b964b07152d234b70		Adulto	5	Mujer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	6	a1Bz20ydgelm8m1wg202cb962ac59075b964b07152d234b70		Vejez	6	Mujer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	36	juanito	a1Bz20ydgelm8m1wg827ccb0eaa8a706c4c34a1689188467b		Infancia	juan	Hombre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	37	pedrito	a1Bz20ydgelm8m1wg01fcd4f6b8770efbf40c956715822		Adolecente	pedro	Hombre

Figura 4. Creación de la base de datos y funcionamiento óptimo de esta

Se creó una interfaz de inicio de sesión (*Fig. 5*) para tener un mejor control una vez que el usuario se registre, ya que así se tiene una mejor organización de los datos de los usuarios.

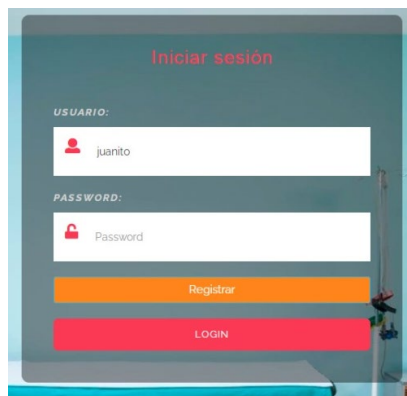


Figura 5. Visualización del inicio de sesión en PHP

También cuenta con un registro de usuarios para poder obtener un registro de los nuevos pacientes. Cuando se ingresa exitosamente a la página se muestran un aviso de privacidad, dónde se les informa a los usuarios sobre el almacenamiento y difusión de sus datos personales y se le sugiere leer el manual de usos.

Posteriormente se mostrará la interfaz con los valores obtenidos de los diferentes sensores (*Fig. 6*).



Figura 6. Interfaz de inicio y visualización de valores

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizaron las pruebas necesarias con los tres sensores empleados en el proyecto contra dos sensores comerciales. El termistor 10k fue puesto a prueba con un termómetro de mercurio y un termómetro digital, se realizaron 10 pruebas en 3 diferentes condiciones, su nivel de exactitud fue aceptado ya que, se mostró un margen de error menor 5%. El sensor MAX0100, fue puesto a prueba con un oxímetro comercial y un SMART WATCH, para la oximetría se realizaron 10 pruebas en dos diferentes condiciones, para la frecuencia cardiaca también se realizaron 10 pruebas, pero en 3 diferentes condiciones, en ambos casos su nivel de exactitud fue aceptado al mostrar un margen de error menor al 5%. Por último, el sensor MPX5050 fue puesto a prueba únicamente contra un sensor comercial en tres diferentes condiciones, fue aprobado debido a que su nivel de exactitud fue mayor al 95%. Se obtuvo una interfaz para 3 tipos de usuarios: administrador, médico y paciente, cada uno con

determinadas funciones emplear con el fin de intercambiar información correctamente respetando los términos y condiciones de uso. De todas las pestañas disponibles (*Fig. 7*), el usuario administrador tiene acceso a todas, e usuario médico tiene acceso a la lista de pacientes y sus expedientes, al manual de usuario y puede generar un nuevo expediente, el usuario paciente sólo puede acceder a su expediente y el manual de uso. Cabe señalar que todos los usuarios pueden cambiar su contraseña.

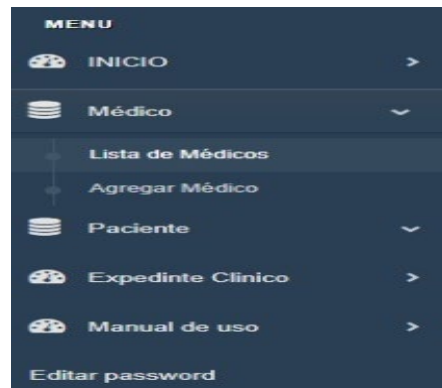


Figura 7. Menú de pestañas de acceso

El generador PDF (*Fig. 8*) contiene los datos de cada paciente y las lecturas de sus sensores en caso de acceder como médico o administrador, para el paciente únicamente se tiene el expediente de él mismo.

 A screenshot of a PDF form for patient data collection. The form includes:

- Logotipo de la Institución (boxed)
- NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN
- Dirección de la Institución (boxed)
- Fecha: / /
- Nombre: | CURP
- Sexo: Hombre | Fecha de nacimiento:
- Localidad | Municipio: | Estado:
- Nacionalidad
- Resultados de la toma de signos vitales por fecha
- Table with 6 columns: Oximetría, Frec. Cardiaca, Presion(sistole), Presion(diástole), Temperatura, Fecha

Oximetría	Frec. Cardiaca	Presion(sistole)	Presion(diástole)	Temperatura	Fecha
98%	70bpm	100mmHg	80mmHg	37°C	2021-06-09
98%	70bpm	100mmHg	80mmHg	37°C	2021-06-09

Figura 8. PDF

4. CONCLUSIONES

En el término del proyecto, se obtuvieron los objetivos planteados anteriormente debido a que los procedimientos empleados y las técnicas usadas terminaron por crear óptimamente el producto idealizado. En el punto de ayudar a resolver la contingencia actual se concluye que el proyecto terminado cumple ese aspecto; el equipo resultó económico en su elaboración además de la practicidad con la que utiliza. Según los valores mostrados por los sensores, se puede asegurar que todos los parámetros son leídos correctamente ya que, las investigaciones realizadas y los conocimientos adquiridos dieron paso a una correcta elaboración de circuitos

y la programación del microcontrolador empleado. Junto con este proceso, se realizó una calibración y caracterización de los sensores utilizados para comparar y analizar los datos obtenidos, se corroboró que los valores obtenidos eran los adecuados mediante una exhaustiva prueba de hipótesis.

A futuro se pretende probar el sistema propuesto con un grupo de pacientes lo que permitirá crear historiales clínicos y así poder convocar a médicos para evaluar el correcto funcionamiento del sistema y en base a sus observaciones realizar las mejoras pertinentes.

5. REFERENCIAS

- [1] Alcudia Corredor Carmen et. (2012). “Manual de procedimientos generales de enfermería”. Sevilla: Hospital Universitario Virgen del Rocío. Servicio Andaluz de Salud. <https://www.huvr.es> ISBN 978-84-695-4347-4
- [2] Michán, Raquel Saed (2006). “Manual de procedimientos de enfermería en el servicio de emergencias”. Insurgentes Centro 51–204, Col. San Rafael: Editorial Alfil S. A. de C. V. Segunda edición. ISBN 968-7620-57-9
- [3] Nall, Rachel, MSN, CRNA. “Medical News Today”. Red Ventures Company. 9 de Junio de 2020. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/temperatura-normal-del-cuerpo#tabla-de-temperatura> (accessed 27 de Agosto de 2021).
- [4] Raúl Pablo Garrido Chamorro, Marta González Lorenzo, Isabel Expósito Coll, Ana Félix Garnés Ros,. <https://efdeportes.com/>. Diciembre de 2004.