

MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE SIGNOS VITALES PARA EMISIÓN DE ALERTAS MÓVILES

Ingrid Durley-Torres ¹, Jaime A. Guzmán-Luna ², Carlo Mario Barros-Ligan ³, Juan Pablo Gutiérrez-López ⁴

¹Ph.D en ingeniería, Docente Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad Católica Luis Amigó, ingrid.torrespa@amigo.edu.co

²Ph.D en ingeniería, Docente Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, jaguzman@unal.edu.co

³ Médico Urgentólogo IPS Universitaria. Profesor Adjunto de la Unidad de Urgencias U de A., carlos.barros@udea.edu.co

⁴ Ingeniero de Sistemas, Universidad Católica Luis Amigó, ingrid.torrespa@amigo.edu.co

RESUMEN

Una preocupación en las personas, consiste en cómo conocer su inmediato estado de salud. Un indicador clave para ello, lo reportan los parámetros de signos vitales: temperatura, frecuencia cardíaca y oxigenación; Los dispositivos wearables, permiten ese monitoreo mediante conexión con un móvil; sin embargo, muchos usuarios desconocen o no logran la interpretación adecuada de tales reportes. Por esta razón, además de monitorear automáticamente los signos vitales (en periodos determinados de tiempo), el objetivo del sistema propuesto, consiste en emitir alertas que se envían automáticamente, no solo al usuario del dispositivo, sino también a un acompañante mediante mensaje de texto, cada vez que alguno de estos parámetros se encuentra fuera del rango normal permitido. Esto se logra con un modelo de categorización de usuarios soportado por un sistema de reglas que describe los rangos normales, estableciendo criterios para emitir las alertas. El beneficio principal del sistema propuesto, es tener información específica y en tiempo real, de un parámetro corporal permitiendo advertir un estado alterado de salud, insumo importante, para tomar decisiones médicas.

Palabras clave: enfermedad, móvil, pandemia, salud, sistema de alerta

Recibido: 17 de diciembre de 2022. Aceptado: 13 de febrero de 2023
Received: December 17, 2022. Accepted: February 13, 2023



MEASUREMENT OF VITAL SIGN PARAMETERS FOR MOBILE ALERT ISSUANCE

ABSTRACT

Abstract, one of the main concerns of people, is how to know their immediate state of health. A key indicator for this is reported by vital signs parameters such as temperature, heart rate and oxygenation; The wearable devices, allow such monitoring by connecting to a cell phone; however, many users are unaware or fail to achieve the proper interpretation of such reports. For this reason, in addition to monitoring vital signs, the objective of this proposed system is to issue alerts that are sent automatically, not only to the user of the device, but also to a companion via text message whenever any of these parameters is outside the normal allowed range. This is achieved with a user categorization model supported by a system of rules that describes the normal allowed ranges, establishing criteria for issuing alerts. The main benefit of the proposed system is to have specific information in real time, of a body parameter that allows warning of an altered state of health, which is useful as information for making medical decisions.

Keywords: Disease, cell phone, pandemic, health, alert system.

Cómo citar este artículo: Durley-Torres, I., Guzmán-Luna, J. A., Barros-Ligan, C. M., Gutiérrez-López, J. P. (2023). "Medición de parámetros de signos vitales para emisión de alertas móviles" *Revista Politécnica*, 19(37), 43-56. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a4>

INTRODUCCIÓN

Diagnosticar a un paciente, ha demandado en gran medida de la presencia de un médico [3]. Sin embargo, las condiciones actuales de pandemia han obligado a evitar asistir a lugares cerrados y concurridos, como los centros de salud, así como a evitar el contacto físico con otros [12]; pese a ello, ha cobrado gran relevancia contar con información constante, confiable y real del estado de funcionamiento del cuerpo de un paciente [13]. Esas situaciones algo contradictorias exigen la búsqueda de alternativas que permitan tener diagnósticos útiles y actualizados de salud, conservando los lineamientos de cuidado de la situación actual o simplemente por la comodidad y la necesidad de estar informado sobre el estado de funcionamiento del cuerpo de un individuo.

En ese escenario, el mercado ha desarrollado dispositivos que permiten medir diferentes parámetros de signos vitales [18], los cuales trabajan desde varias características de uso y variables. Contar con una adecuada valoración de los parámetros corporales de tales signos, es fundamental en el ámbito sanitario [4], por ello, no solo basta la medición y el reporte, es necesario tener una interpretación adecuada de los mismos datos [10], según las características de cada paciente [21], a fin de establecer criterios de alarma únicamente cuando realmente los registros estén fuera de lo que se considera normal para él. Centrados en aportar una solución funcional, que nos permita tener un reporte de salud inicial de un individuo, esta propuesta propone desarrollar un sistema que consiga realizar el monitoreo constante, de algunos parámetros de signos vitales en una persona, emitiendo un mensaje de alerta a un móvil [23], a él y a un acompañante, cuando estos (signos) superen los rangos normales. Este último caso, especialmente motivado por la población mayor o menor de edad, donde es más difícil la supervisión de la salud. El objetivo del sistema, es contar con información real y actualizada, para la toma de decisiones pertinentes con respecto a un contagio, supervisión y/o a la evolución de la patología de un paciente.

En la actualidad, existe evolución en los sistemas para la medición de signos vitales y las propuestas varían, desde sensores, dispositivos wearables [5], sustancias químicas, estrategias de luz, acompañadas o no de aplicaciones web o móviles [16]. Un ejemplo de estas lo constituye el sistema de monitoreo continuo de temperatura corporal basado en una wearable, definido por una pulsera polimérica flexible, conductora y biocompatible [17]. Este trabajo consistía en un sistema de monitoreo continuo de la temperatura corporal basado en LabView, utilizando como sensor una pulsera compuesta por una mezcla de polipirrol y ácido poliláctico. Los resultados mostraron que esta pulsera inteligente se adapta fácilmente a la piel debido a su flexibilidad y resistencia. Además, presentó una relación matemática entre la temperatura y la resistencia del sensor, indicando que la curva de temperatura-resistencia demostraba una tendencia lineal dentro del rango de 25 ° C a 40°C, lo que facilitaba la interpretación de resultados.

En [8], se expone la experiencia colombiana en el uso de las herramientas de e-Salud aplicadas al cáncer, así como los retos, las tendencias emergentes y los efectos positivos relacionados con el uso de las TICS en el Sistema Nacional de salud y se presenta información acerca de los signos vitales básicos de una persona [20], para poder así tomar referencia sobre los parámetros normales en los cuales deben estar las variables físicas medidas por sensores, Las herramientas a usar son: los sensores e-Health que permite a los usuarios de Arduino, llevar a cabo aplicaciones biométricas y médicas, para el monitoreo de las variables físicas del cuerpo, tipos de sensores: pulso de oxígeno en la sangre, el flujo de aire, la temperatura corporal, electrocardiógrafo, glucómetro, la respuesta galvánica de la piel, la presión arterial, la posición del paciente y el músculo / sensor de eletromyograph y en la parte de software para visualizar los datos se usa la herramienta de desarrollo IOT Ubidots.

El proyecto "sistema inalámbrico de monitoreo de temperatura corporal para pacientes de terapia intensiva del Hospital "San Vicente de Paúl" de Ibarra-Ecuador [22], tiene como objetivo realizar el diseño e implementación de un sistema de monitorización de temperatura corporal, para el hospital "San Vicente de Paúl De Ibarra" constando de los siguientes contenidos: Transmisión inalámbrica, sus estándares y

regulaciones, argumentado cuál de esas tecnologías, posee las mejores prestaciones para el sistema de temperatura corporal.

Por otro lado, Gáamez [6], desarrolló de un sistema de monitoreo local y remoto de signos vitales de pacientes utilizando la tecnología de IoT (Internet of Things) dirigiéndose con pruebas con personal del Hospital Santa Teresa de Zacatecoluca. Para ello, diseña y desarrolla una App, la cual permitirá el control y la monitorización de la información clínica de pacientes, lo anterior acompañando de un dispositivo electrónico biomédico a partir de la tarjeta electrónica My Signals HW y sensores biométricos existentes en el mercado, integrados y programados con el controlador y periféricos de visualización de la información (Pantalla GLCD); el cual se dotará con la capacidad necesaria de comunicación para que, a través de la red se envíen los datos obtenidos como resultado del proceso de la/las lecturas de los sensores biométricos.

Weizman, Tan y Fuss [24] construyen una pulsera biométrica personalizada con un circuito de comunicación inalámbrica y un módulo de identidad de suscriptor que tiene tres características integradas: un termómetro infrarrojo, un sistema de posicionamiento global (GPS) y una identificación por radiofrecuencia (RFID) con un número UID. La pulsera usará IoT para transferir datos a través de una red a un tablero interactivo basado en la web que rastrea COVID-19 en tiempo real.

Los anteriores son solo algunos de los trabajos que guardan relación con esta propuesta, pero que difieren en el fin y especialmente en los parámetros de signos vitales, ya que en su mayoría se centran en la temperatura, o carecen de la interpretación y por ende de la alerta, dado que solo en un único caso, de los actualmente ubicados, se orienta a la personalización [4] aunque solo lo hace para la temperatura y con un instrumento wearable desarrollado propiamente por los investigadores, obviando los recursos actualmente disponibles en el mercado y accesibles por los usuarios.

MATERIALES Y METODO

Para lograr el sistema de alertas móviles propuesto, una primera tarea, consistió en realizar una revisión bibliográfica y del medio para tener un diagnóstico de los trabajos principales que se habían orientado a la tarea de monitorear signos vitales y usaban dispositivos. Resultado de ello, es el resumen presentado en la sección anterior y la tendencia de los desarrollos de este tipo, son mostrados en la Figura 1., dónde claramente se ve una tendencia más elevada en el año 2020, lo que describe el interés en la temática.

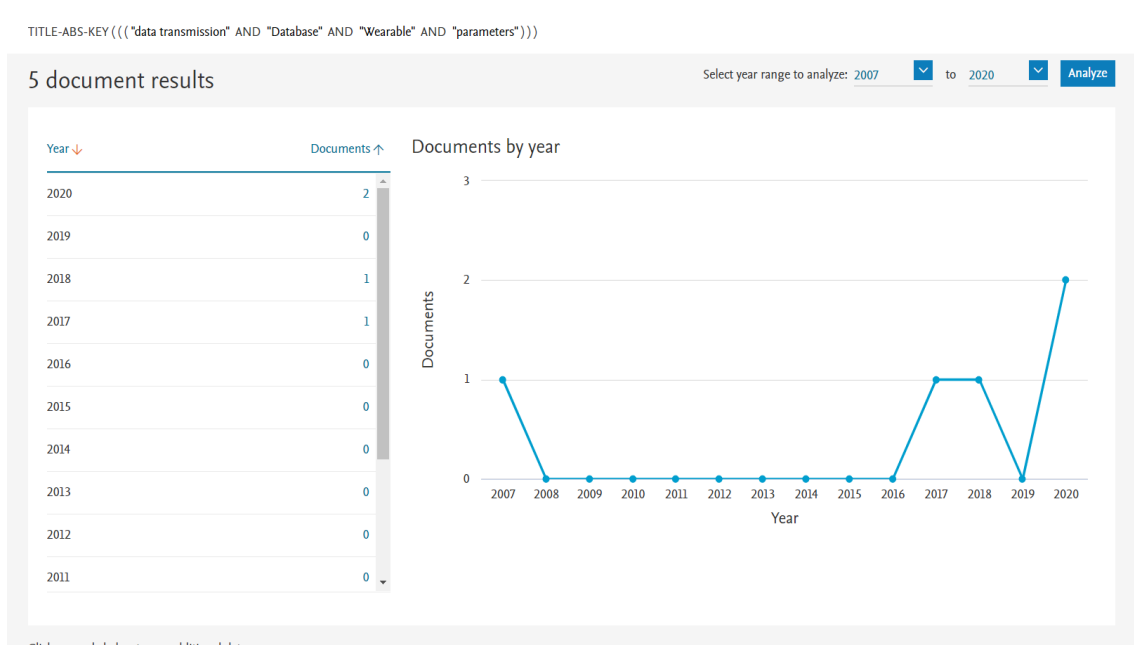


Figura 1. Curva de tendencia de la investigación

La segunda fase, se ocupó de analizar, definir y construir la categorización de los usuarios y los rangos que se consideran normales y anormales, para valorar un conjunto finito de signos vitales que pueden ser medidos en un individuo. Entender correctamente un signo vital es de suma importancia para interpretar que tan bien está funcionando el cuerpo de una persona. Por la importancia de lo acontecido con la pandemia (Covid-19), y la contratación de los parámetros medibles con las wearables tipo pulsera inteligente, disponibles en el mercado, se realizó la selección del conjunto de signos vitales a considerar en esta propuesta. La Tabla 1, recopila algunos de los dispositivos wearables, más comerciales del mercado.

Tabla 1. Referentes wearable pulsera inteligente disponibles del mercado (Fuente: Elaboración propia)

NOMBRE DISPOSITIVO	NOMBRE APLICACIÓN	PARAMETROS MEDIBLES	PLATAFORMA DE FUNCIONAMIENTO	VALOR APROXIMADO
SmartBand Xioami MiBand 2 [15]	MiBand 2 usando BLE y la plataforma Fi-ware. Nombre de APP: GoodFit	Mini banda que mide junto a su app : el pulso cardíaco y los pasos	Android	\$ 185.000 COP
Reloj de pulsera inteligente C6T [14]	DayBand	Monitor de Frecuencia Cardíaca, presión arterial, oxígeno en la sangre, termómetro, podómetro deportivo, medidor de pasos.	Compatible con Android o IOS.	\$ 30 USD \$ 99.000 COP
Huawei Watch GT [2]	<i>Huawei Health</i>	reconocimiento de frecuencia cardíaca 24 horas, 7 días a la semana y monitorización del sueño	Android	\$ 449.900 COP
XIAOMI MI BAND [11]	Aplicación móvil para apoyar el control de calorías en adultos con obesidad, basado en una pulsera inteligente para la clínica dermo-salud Nombre de APP: App Nutrición	El parámetro que se mide para esta aplicación será la pérdida de calorías con el sensor de pasos.	Android	\$20 y \$50 USD
Charge 3 Vivosmart HR Mi Band 4 Gear Fit2 Pro Band 3 Pro Moov Now [6]	aplicación móvil para la monitorización de paciente de cáncer Nombre de APP: TFG	Se realizan lecturas tanto del ritmo cardíaco como de los pasos realizados por el usuario, se han usado dos alarmas independientes, la alarma de la frecuencia cardíaca se activa cada dos minutos y otra alarma para la lectura de los pasos al final	Android	

		del día, activándose una única vez.		
Galaxy Fit 2 [7]	Samsung Health	Ritmo cardíaco, pulsaciones por minuto	Android	\$169.900 COP \$ 35 USD
Agptek reloj termómetro [9]	Nombre de APP: No se identifica	Este es un reloj convertido en un termómetro personal. Proporciona una función de detección de temperatura durante 24 horas, lo que permite saber los cambios de temperatura del cuerpo en cualquier momento. Además, cuando el resultado de la medición de temperatura es superior a 37,5°C, el símbolo en la esquina superior izquierda de la pantalla parpadea rápidamente.	Android	\$ 11,99 USD \$ 60.000 COP
Xiomimiband2 [19]	Nombre de APP: No se identifica	Mide el ritmo cardíaco (pulsómetro) y los pasos(aceleómetro) para registrarlos dependiendo del tipo de ejercicio que se elija.	Android	
Smartwatch PRIXTON [1]		Pulsera inteligente, capaz de realizar electrocardiogramas, medir la presión arterial y que también cuenta con sensor de frecuencia cardíaca.	compatible con iOS y Android	\$ 228.646 COP
Reloj AIMIUVEI [1]		Completo reloj con GPS y podómetro para controlar toda nuestra actividad física y entrenamientos que además cuenta con las funciones de pulsómetro, monitor del sueño y control de la tensión arterial.	Android	\$ 224.073 COP
Reloj inteligente HalfSun [1]		Este modelo destaca por su monitorización de la frecuencia cardíaca y la tensión arterial en tiempo real de forma automática y continua. Además, cuenta con un completo seguimiento del sueño, ofreciendo ciertos consejos para mejorar su calidad, contador de pasos, calorías, alerta de inactividad, etc.	Android	\$ 146.333 COP

Como se observa en la Tabla I, los costos de los dispositivos del mercado resultan accesibles y permiten contar con mediciones de parámetros útiles para esta investigación. Por importancia y repetitividad de parámetros, los signos vitales a estimar son la frecuencia cardíaca (FC), temperatura corporal (TC) y saturación de oxígeno (SpO2).

La frecuencia cardiaca (FC) es el ciclo armónico de latidos del corazón, que son necesarios para bombear la sangre a través del cuerpo humano. En otras palabras, es el número de veces que el corazón palpita por minuto. La FC dependerá de varios factores como la edad, posición del cuerpo, sexo, ejercicio, medicamentos, estrés, enfermedades, entre otras. En una persona normal se habla de un intervalo de 60 ppm a 90 ppm; pero como ya se expresó, esto se ve influenciado por diferentes factores, así observa que con la edad estos intervalos varían, a continuación, la Tabla 2, recopila los principales reportes de FC, por edad del individuo.

Tabla 2. Frecuencia cardiaca de niños y adultos (Latidos por minuto) (Fuente: Elaboración propia)

EDAD	PERCENTIL 5	PERCENTIL 50	PERCENTIL 95
0-3 Meses	113	140	171
3-6 Meses	108	135	167
6-9 Meses	104	131	163
9-12 Meses	101	128	160
12-18 Meses	97	124	157
18 -24 Meses	92	120	154
2 -3 Años	87	115	150
3-4 Años	82	111	146
4-6 Años	77	106	142
6-8 Años	71	100	137
8- 12 Años	66	94	129
12-15 Años	61	87	121
15-18 Años	57	82	115
Mayores de 18	45 - 90 latidos por minutos. (En reposo en el 95% de las personas)		

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la temperatura normal del cuerpo humano (TC), se encuentra entre los 36,5 y los 37 grados y cualquiera que supere estas cifras se considerará que tiene fiebre, aunque puede variar grado arriba o grado abajo. La Tabla 3, describe la ya citada proporcionalidad.

Tabla 3. Temperatura (Fuente: Elaboración propia)

Sitio de medición	Rango Normal(C)	Fiebre	Hipertermia
Piel	36 -37.9	38	41

Paralelamente, la saturación de oxígeno (SaO₂), también conocida como oximetría, es la estimación de la medición de la saturación de oxígeno y ritmo cardíaco. Esta es la propiedad característica de la sangre por la cual su coloración o brillo es definida por la hemoglobina; la sangre oxigenada tiene un color rojo vivo intenso, mientras que la sangre desoxigenada tiene un característico color rojo oscuro. La tabla 4 describe los límites de rango sobre los que la oximetría se considera normal.

Tabla 4. Oximetría (Fuente: Elaboración propia)

	Límite inferior	Límite superior
Pulsioximetría	90%	99%

RESULTADOS

Las anteriores consideraciones obligaron a plantear un modelo arquitectural que permitiera entregar información de signos vitales, mediante el uso de una infraestructura tecnológica (tesis telemedicina), tal como se muestra en la Figura 2. Para ello se involucró un dispositivo wearable tipo pulsera inteligente, de los ya disponibles en el mercado Android, siempre y cuando permitieran la toma de los tres parámetros vitales, previamente definidos: FC, TC y SpO₂. Además del desarrollo de la aplicación móvil conectada a un servidor, que facilita a su vez la conexión a un sistema de reglas que permite realizar inferencias respecto al perfil del usuario y los parámetros que se consideran anormales, para la correspondiente emisión de alertas al respectivo acompañante.

La propuesta consistió en usar cualquier dispositivo disponible en el mercado, del tipo reloj inteligente o band (tal como los descritos en la Tabla 1), establecer una conexión con la aplicación móvil desarrollada, entre cuyas características debían destacar, la permisibilidad de acceso a cualquier plataforma (Android), la solicitud de información básica necesaria para la caracterización del individuo y el registro del acompañante, por ello se requirió de un servidor web, que con la previa autorización de uso de los datos, permitiera el almacenamiento de la información por usuario. Adicionalmente, este servidor establece conexión con un sistema de reglas, que permite mediante inferencias realizar la categorización del individuo dentro de uno de los rangos de parámetros de edad establecidos y así razonar respecto al valor del parámetro del signo vital medido y la correspondiente emisión de la alerta, únicamente cuando se identifique un valor anormal.

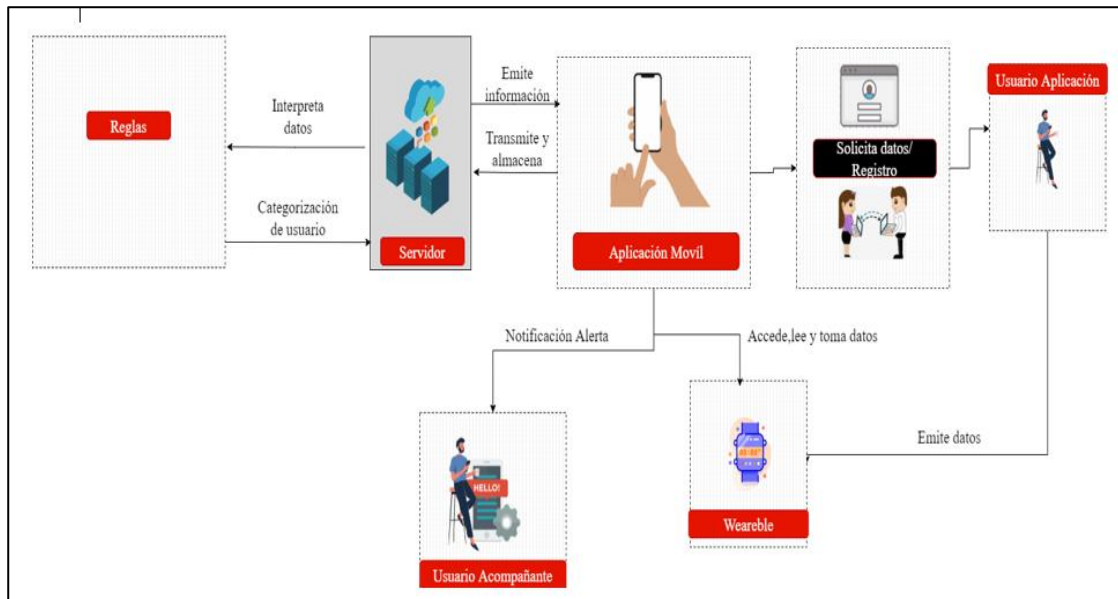


Figura 2. Arquitectura propuesta

La Figura 3, por su parte describe el diagrama general de los casos de usos y las correspondientes acciones de cada actor participante. Como se observa el proceso requiere un registro de usuario, para identificarlo de manera única, mientras a su vez permite con la información reportada categorizar al usuario y su vez, almacenar datos de su acompañante. Por su parte, la conexión con el wearable, demanda un emparejamiento con la aplicación móvil vía bluetooth, la cual a su vez reporta a la base de datos del servidor, la información de registro de usuario y pasa los parámetros leídos. Para además de permitir visualizarlos, inferir cuando estos son anormales y emitir la correspondiente notificación de alerta al usuario acompañante. Finalmente, la aplicación, permite además graficar el histórico del comportamiento de cada signo vital medido para un usuario particular, a fin de que se pueda contar con un registro de todo el funcionamiento de sus parámetros.

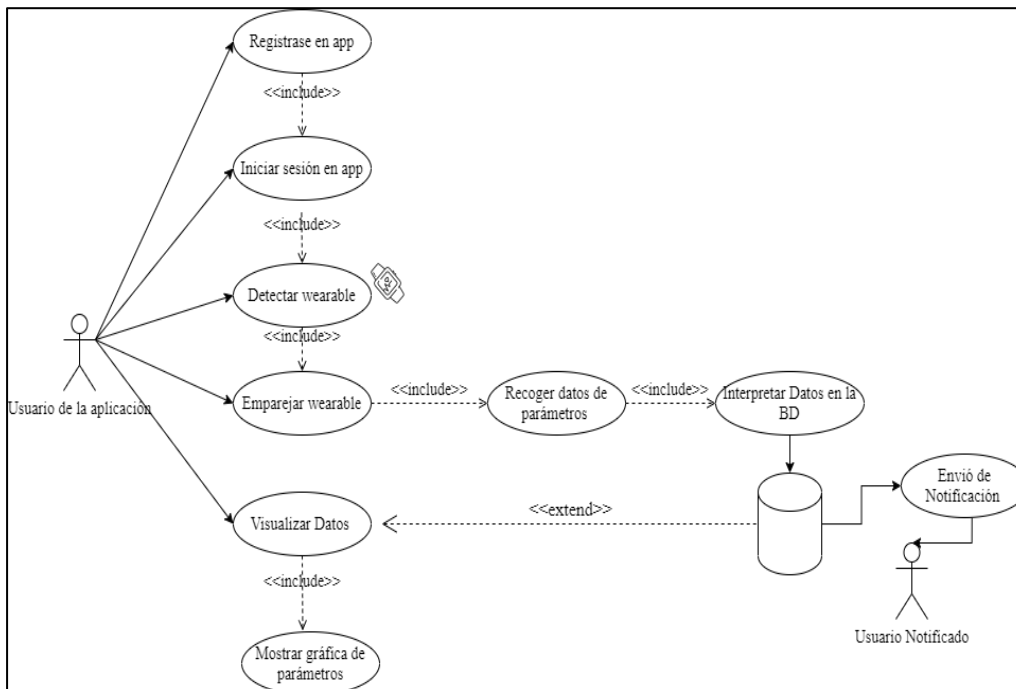


Figura 3. Caso de uso general

La Figura 4, muestra la interfaz de registro del usuario, donde se identifica su correo y una contraseña.

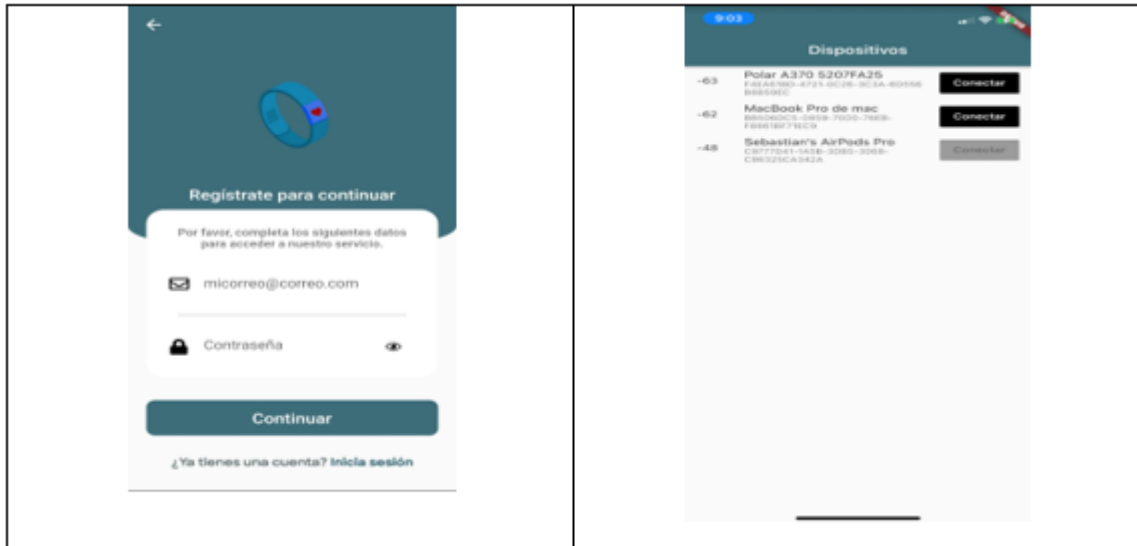


Figura 4. Interfaz de aplicación móvil – registro y conexión bluetooth

Mientras que, en el lado opuesto, se puede visualizar las conexiones logradas tal y como pueden ser vistas por el usuario de la aplicación y las cuales confirman la conexión exitosa al wearable vía Bluetooth. La Figura 4 por otro lado, describe en la imagen izquierda, la manera en que puede ser activado el servicio de toma del parámetro de frecuencia cardíaca, desde el wearable. Sin embargo, para este parámetro vital, y usando algunas investigaciones previas relacionadas con la técnica de fotopleletismografía [4], también es posible la toma del parámetro usando la cámara del móvil, para obtener información del estado o funcionamiento de las venas y arterias por las cuales la luz atraviesa, tal como se muestra en la Figura 5, imagen derecha.

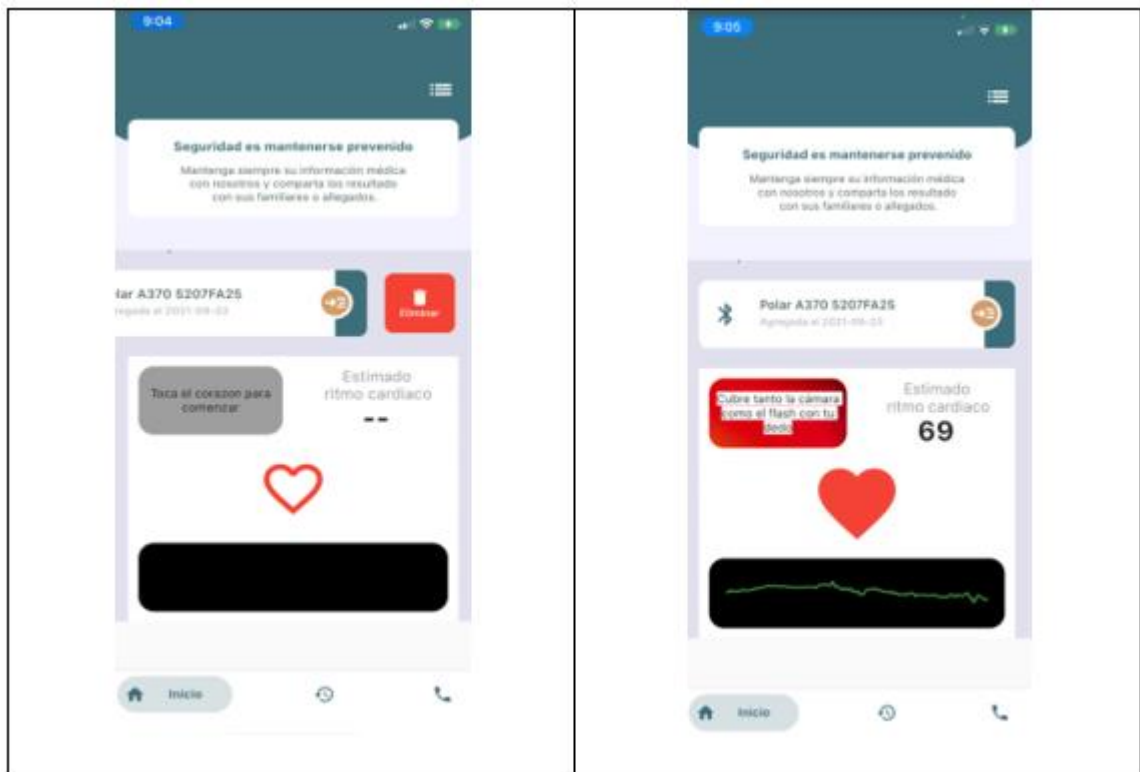


Figura 5. Interfaz de aplicación móvil – Frecuencia cardíaca

Finalmente, la Figura 6, muestra una porción de código implementado en el kit de desarrollo de software, Flutter un framework de Google; La porción señalada, describe parcialmente, la manera en que se permite el monitoreo de la frecuencia cardiaca “0x180D, Heart Rate”.

```

Flutter_baldemar_medicalapp > lib > ui > auth > screen > signup_screen.dart > $s_SignupScreenState > validateAndSubmit
198 @override
199 Widget build(BuildContext context) {
200   double _height = MediaQuery.of(context).size.height;
201   double _width = MediaQuery.of(context).size.width;
202   _isIOS = Theme.of(context).platform == TargetPlatform.iOS;
203
204   return Scaffold(
205     key: _scaffoldKey,
206     appBar: AppBar(
207       backgroundColor: kPrimaryColor,
208       shadowColor: kPrimaryColor,
209       elevation: 0,
210     ), // AppBar
211     body: Container(
212       height: _height,
213       width: _width,
214       child: Stack(
215         children: [
216           container(
217             height: _height * 0.4,
218             decoration: BoxDecoration(
219               color: kPrimaryColor,
220               borderRadius: BorderRadius.only(
221                 bottomLeft: Radius.elliptical(120, 30),
222                 bottomRight: Radius.elliptical(120, 30))), // BorderRadius.only // BoxDecoration
223           ), // Container
224           Padding(
225             padding: const EdgeInsets.only(left: 20.0, right: 20),
226             child: ListView(
227               children: [
228                 Padding(
229                   padding: const EdgeInsets.only(
230                     // top: 85.0,
231                     // bottom: 56.0,
232                   ), // EdgeInsets.only
233

```

Figura 6. Interfaz de aplicación

DISCUSIÓN Y ANALISIS

La Tabla 5, muestra una prueba realizada con ocho (8) usuarios de diferentes edades, dónde se registró el valor del dato correspondiente al parámetro de FC, leído, para cada uno de los usuarios que participaron de la prueba, para cada uno se realizaron cinco (5) tomas de parámetro FC. El ejercicio, también consideró valorar la eficacia para soportar conexiones en el servidor, y se pudo realizar la prueba (con simulación) hasta con mil (1000) usuarios conectados, al mismo tiempo.

A su vez y con el escenario de conexión se logró verificar el desempeño de la adecuada funcionalidad, al momento de leer los parámetros, así como al calcular el tiempo que tardaba el sistema, entre la lectura del dato y la emisión de la alerta, cuando está era obligadamente emitida (columna emisión de alerta). Para permitir y lograr esos valores extrapolados, se solicitó a los usuarios, agitarse con actividad física, tal es el caso del valor medido cinco, para los usuarios 2, 7 y 8 (resaltados en color rojo). Lo anterior, porque las recomendaciones de los parámetros registrados en las Tablas II, III y IV, corresponden a escenarios de usuarios en reposo y sin morbilidades significativas.

Tabla 5. Oximetría (Fuente: Elaboración propia)

Identificación de usuario	No. de usuarios conectados en servidor	Edad Usuario	Valor Medido	Emisión de Alerta	Tiempo transcurrido entre la medición y la alerta (milisegundos)
1	5	3 meses	138	NO	
1	5		132	NO	
1	5		133	NO	
1	5		137	NO	
1	5		140	NO	
2	50	14 años	89	NO	

2	50		89	NO	
2	50		85	NO	
2	50		87	NO	
2	50		92	SI	484
3	75	24 años	69	NO	
3	75		69	NO	
3	75		70	NO	
3	75		71	NO	
3	75		93	NO	
4	100	21 años	63	NO	
4	100		63	NO	
4	100		63	NO	
4	100		62	NO	
4	100		63	NO	
5	250		60	NO	
5	250		58	NO	
5	250		58	NO	
5	250		60	NO	
5	250	15 años	60	NO	
6	500		129	NO	
6	500		131	NO	
6	500		131	NO	
6	500		128	NO	
6	500	8 meses	131	NO	
7	750		70	NO	
7	750		79	NO	
7	750		69	NO	
7	750		58	NO	
7	750	46 años	98	SI	6.053
8	1000		88	NO	
8	1000		86	NO	
8	1000		88	NO	
8	1000		88	NO	
8	1000	54 años	94	SI	8.003

Finalmente, para efectos de una mejor representación, los valores fueron recopilados en la gráfica Figuras 7, que relaciona los valores para el caso de los adultos y sobre la gráfica se registraron los parámetros mínimos y máximos (línea verde punteada) permisibles como “normales”. Como es posible observar para los dos últimos casos usuario “46 años” y “54 años”, es posible apreciar que los últimos datos de ambas series, resultan superando el parámetro “máximo” permitido como normal, por ello debían emitir el mensaje de alerta correspondiente.

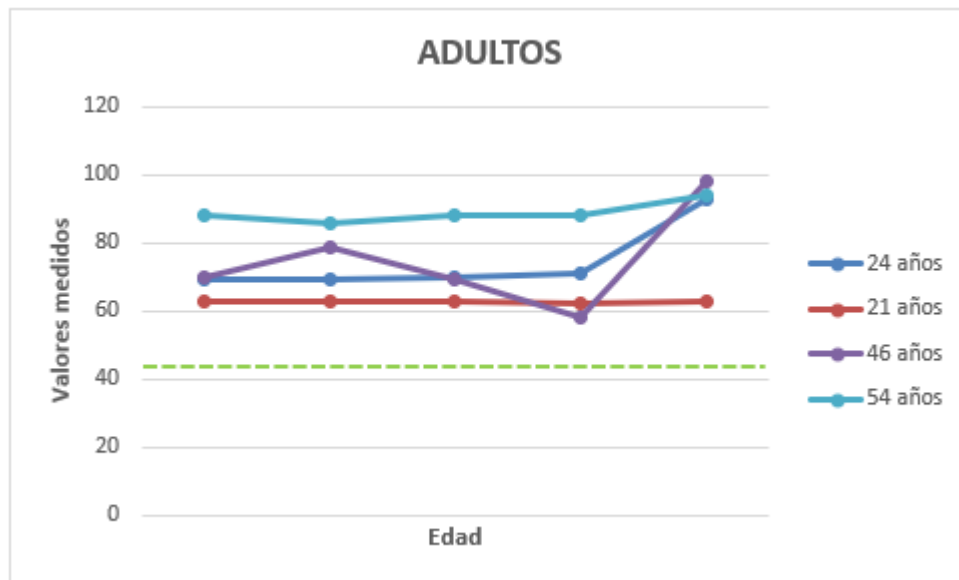


Figura 7. Datos pruebas funcionales FC

En esos casos, el sistema desde su programación advierte que debe emitir una alerta y por ello en la conexión se observa esta situación, tal como lo muestra la Figura 8. Luego de aparecer el botón de Alerta, validará el envío de notificación alertando en este caso que el parámetro de la frecuencia cardiaca (FC) tomada es anormal. El mensaje llegará al correo del usuario tercero a notificar (familiar, amigo etc); el cual, fue registrado en el formulario de ingreso de registro a la aplicación.



Figura 8. Interfaz de reporte de alerta.

CONCLUSIONES

Los parámetros vitales frecuencia cardiaca (FC), Oximetría (SpO2) y temperatura TC fueron inicialmente seleccionados como importantes, debido a la evidente relación que conservan con la sintomatología de la COVID-19; sin embargo, en el desarrollo del proyecto, se pudo verificar que estos tres datos, son útiles para la toma de decisiones de otros estados de salud, por ello, el potencial de la aplicación resulta más amplio de lo inicialmente proyectado.

El sistema de categorización de usuario permitió identificar catorce (14) tipos diferentes de usuario por edades y la consideración del estado de reposo y un paciente sano. Sin embargo, actualmente se trabaja en incluir descripciones combinadas sobre algunas enfermedades importantes, que pueden significar alguna alteración en la descripción de los parámetros definidos como normales, en un individuo.

La facilidad de reutilizar recursos wearables accesibles en el mercado y lograr con ellos conexión permanente, es otro factor útil del proyecto, ya que a la fecha en las pruebas realizadas ha resultado funcionales desde diferentes dispositivos y sobre diversos celulares con sistema operativos Android. La limitante con IOS, es el pago por servicio.

Finalmente, el SDK Flutter y dart ha resultado suficiente en su versión gratuita, sin embargo, pensar en una operatividad comercial de la aplicación, seguramente demandará una extensión paga, a fin de soportar las más de mil conexiones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Católica Luis Amigó y a la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, por su apoyo en la financiación del proyecto titulado “Un dispositivo de alerta móvil para la toma de parámetros corporales con fines de identificar riesgo de contagio de COVID-19”, presentado en la convocatoria de investigación interna de la Universidad Católica Luis Amigó, año 2021 y a los estudiantes Juan Camilo Giraldo Céspedes y Juan Pablo Gutiérrez López, por su valiosa colaboración durante la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Adeva R. (09 de diciembre, 2020). ¿Tensión alta? Smartwatch que permite medir la tensión arterial. *Topesdegama.com*. url: <https://topesdegama.com/listas/wearables/smartwatch-medir-tension-arterial>
- [2] Bolaños G. D. (4 de octubre 2019). Prueba de uso: 6 relojes inteligentes que prometen cuidar tu salud. *Eroski Conumer*. <https://www.consumer.es/tecnologia/hardware/prueba-uso-relojes-inteligentes-cuidar-salud.html>
- [3] Chandrasekaran S. and SenaMohan S., (2016). "MAS-med alert system," 2016 IEEE 6th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin), 231-233, doi: 10.1109/ICCE-Berlin.2016.7684762.
- [4] Cobos Torres J. C. (2017). *Medición de signos vitales mediante técnicas de visión artificial*. (Tesis Doctoral). Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática
- [5] Dalwadi, S. C. (2019). *Wearable In-Home, Portable and User-Friendly Monitoring System for the Parkinson Patient to Improve Their Daily Condition and to Get Better Medication from the Doctor*. (Docotral Tesis). University of Houston. ProQuest Dissertations Publishing, 2019. 28181163.
- [6] Gámez López, M. de J., (2020). Desarrollo de un sistema biomédico para monitoreo local y remoto de signos vitales de pacientes, utilizando tecnología de Internet de las Cosas IoT, repositorio digital de Ciencia y Cultura del salvador REDICCES. <http://hdl.handle.net/10972/4219>
- [7] García J. (2 septiembre 2020). Samsung Galaxy Fit2: la nueva pulsera cuantificadora de Samsung promete hasta 21 días de batería. *Xataka Webedia*.
- [8] Gómez Amador C. (2020). *Aplicación móvil para la monitorización de paciente de cáncer*. (Tesis de grado). Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Informática. Ingeniería Informática
- [9] Gonafus S. (15 septiembre de 2020). Los relojes y pulseras inteligentes que miden tu temperatura y te alertan si tienes fiebre. *Vanguardia*.
- [10] Magno M, Brunelli D., Sigrist L., Andri R., Cavigelli L., Gomez A., Benini L.,(2016), InfinitiTime: Multi-sensor wearable bracelet with human body harvesting, *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 11, 38–49, <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2016.05.003>
- [11] Milián Quesquén C. M. (2018). *Aplicación móvil para apoyar el control de calorías en adultos con obesidad, basado en una pulsera inteligente para la clínica Derma salud* (Tesis de Grado).

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación.

- [12] Navin K., Krishnan M. B. M., Lavanya S. and Shanthini A., (2017). "A mobile health based smart hybrid epidemic surveillance system to support epidemic control programme in public health informatics," International Conference on IoT and Application (ICIOT), 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICIOTA.2017.8073606.
- [13] Ocampo C. B., Mina N. J., Echavarría M. I., Acuña M., Caballero A., Navarro A., Aguirre A., Criollo I. S., Forero F., Azuero O., Neal D. A. (2019). VECTOS: An Integrated System for Monitoring Risk Factors Associated With Urban Arbovirus Transmission. *Global Health: Science and Practice*, 7 (1) 128-137; Doi: 10.9745/GHSP-D-18-00300
- [14] Pajuelo L. (26 de diciembre de 2020). los mejores "smartwatches" de 2020 que miden el nivel de oxígeno en la sangre: Apple, Garmin o Fitbit. *El País*.
- [15] Peñate Garrido M. (2017). Aplicación móvil y web para la monitorización de datos recogidos mediante la pulsera inteligente MiBand 2 usando BLE y la plataforma Fi-ware. (Trabajo de grado). Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación.
- [16] Ranjana P. and Alexander E., (2018). "Health Alert and Medicine Remainder using Internet of Things," IEEE *International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCI)*, 2018, 1-4, doi: 10.1109/ICCI.2018.8782349.
- [17] Rodríguez-Roldán G., Suaste-Gómez E. (2017), *Sistema de monitoreo continuo de temperatura corporal basado en una pulsera polimérica flexible, conductora y biocompatible*, 39 Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica - CNIB2016. 3(1), 108-111. <http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/17>
- [18] Said S., S. AlKork, T. Beyrouthy and M. F. Abdrabbo, (2017). "Wearable bio-sensors bracelet for driver's health emergency detection," 2nd International Conference on Bio-engineering for Smart Technologies (BioSMART), 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIOSMART.2017.8095335.
- [19] Sánchez Marín J. (2017). *Aplicación multiplataforma para el seguimiento de entrenamientos mediante pulseras inteligentes* (Tesis de grado). Universidad de Alicante. Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial. <http://hdl.handle.net/10045/67531>.
- [20] Sarmiento Gómez O., Rubio Cristiano J. E. (2018). *Monitoreo remoto de signos corporales y transmisión de datos y alertas a una aplicación instalada en un smartphone*, (Tesis de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Tecnología Politécnica / Tecnológica. Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/11349/13383>
- [21] Soto Ramírez, C. D., Raigosa Echeverri C. (2017). Desarrollo de una app para la toma y registro de las medidas antropométricas (somatotipo) y la composición corporal de deportistas en la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) Programa d Ingeniería de Sistemas y Computación.
- [22] Trejo Paguay L. A., (2013). Sistema inalámbrico de monitoreo de temperatura Corporal para pacientes de terapia intensiva del Hospital "San Vicente de Paúl" de Ibarra (Tesis de grado), Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Ibarra, Ecuador.
- [23] Velásquez S. M., Monsalve Sossa D. E., Zapata M. E., Gómez Adasme M. E., y Ríos J. P. (2019). Pruebas a aplicaciones móviles: avances y retos. *Lámpakos*, 21. 39-50. <https://doi.org/10.21501/21454086.2983>
- [24] Weizman Y., Tan A.M., Fuss F.K., (2020). Use of wearable technology to enhance response to the Coronavirus (COVID-19) pandemic, *Public Health*. 185. 221-222. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.06.048>