

Innovative system for monitoring health indicators with virtual assistance for elderly people with visual limitations

Carolina Jimenez-Cortez, Bachelor ¹ , Yevit Alvarez-Ventocilla, Bachelor ² , Santiago Rubiños-Jimenez, PhD ³ , Alex Vallejos-Zuta, Master ¹ , Daniel Ipince-Antunez, Bachelor ¹ , Raul Vilcahuaman-Sanabria, PhD ¹  and Jesus Tabacchi-Murillo, PhD ¹ 

^{1,2,3,4,5,6,7} Universidad Nacional del Callao, Peru, cajimenezc@unac.edu.pe, yaalvarezv@unac.edu.pe, slrubinosj@unac.edu.pe, aavallejosz@unac.edu.pe, daipincea@unac.edu.pe, rcvilcahuamans@unac.edu.pe and jatabacchim@unac.edu.pe

Abstract – The purpose of the research was to design a vital signs alert and monitoring system with virtual assistance that improves care for older adults with visual disabilities. The methodology of the study encompassed the applied type of method with an experimental research design and a quantitative approach. The population studied is in the constitutional province of Callao and was carried out on 10 older adults with visual disabilities. The information from the instruments for data collection was compiled, among the positive results obtained we present the response of 10 older adults with visual disabilities, who voluntarily participated in a test of the use of the prototype of the vital signs monitoring system with virtual assistance. The average score obtained in this evaluation is favorable 4.9, which shows us that our approval rate is 81.7%. It is concluded that the design improves care for older adults with visual disabilities.

Keywords: vital signs, older adults, virtual assistance

Sistema innovador de seguimiento de indicadores de salud con asistencia virtual para personas mayores con limitaciones visuales

Carolina Jimenez-Cortez, Bachiller ¹ , Yevit Alvarez-Ventocilla, Bachiller ² , Santiago Rubiños-Jimenez, Doctor ³ 
, Alex Vallejos-Zuta, Maestro ¹ , Daniel Ipince-Antunez, Bachiller ¹ , Raul Vilcahuaman-Sanabria, Doctor ¹  y
Jesus Tabacchi-Murillo, Doctor ¹ 

^{1,2,3,4,5,6,7} Universidad Nacional del Callao, Peru, cajimenezc@unac.edu.pe, yaalvarezv@unac.edu.pe, slrubinosj@unac.edu.pe,
aavallejosz@unac.edu.pe, daipincea@unac.edu.pe, rcvilcahuamans@unac.edu.pe y jatabacchim@unac.edu.pe

Resumen– El propósito de la investigación fue el diseño de un sistema de alerta y monitoreo de signos vitales con asistencia virtual que mejore la atención a los adultos mayores con discapacidad visual. La metodología del estudio abarcó el método del tipo aplicado con un diseño de investigación experimental y con un enfoque cuantitativo. La población trabajada está ubicada en la provincia constitucional del Callao y se realizó en 10 adultos mayores con discapacidad visual. Se compiló la información de los instrumentos para la recolección de datos, entre los resultados positivos obtenidos presentamos la respuesta de 10 adultos mayores con discapacidad visual, quienes participaron voluntariamente en una prueba del uso del prototipo del sistema de monitoreo de signos vitales con asistencia virtual. El puntaje promedio obtenido en esta evaluación es un favorable 4.9 lo que nos demuestra que nuestro rango de aprobación es de un 81.7%. Se concluye que el diseño mejora la atención a los adultos mayores con discapacidad visual.

Palabra clave: signos vitales, adultos mayores, asistencia virtual

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el informe técnico “Situación de la Población Adulta Mayor”, realizado con los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) en el 2022 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), alrededor del 40 % de los hogares cuentan entre sus miembros a una persona adulta mayor, los cuales se presenta que, el 85,9% de la población adulta mayor femenina desarrolló algún problema de salud crónico. Durante el trimestre analizado y para el caso de la población masculina el 75,3% se tiene que monitorear constantemente los signos vitales pues son pacientes con enfermedades crónicas [1]. Y, así mismo, otro aspecto a tomar en consideración es que en algunos casos las personas de tercera edad son prácticamente olvidadas por sus familiares y no cuentan con apoyo para poder asistir a un hospital para realizarse acciones preventivas básicas como es la toma de sus signos vitales, a esto se suma el grado de discapacidad visual que poseen la mayoría de estas personas que impide aún más su movilización. Además de no contar con lo antes mencionado, generalmente estas personas no cuentan con los recursos económicos suficientes, para comprar un aparato y/o dispositivo, para el constante monitoreo de sus signos vitales y así prevenir o controlar enfermedades preexistentes propias de su edad. Sumado a estos problemas, tenemos el deficiente estado del sistema de salud que presenta nuestro país y la poca sensibilidad que hay con el trato de los pacientes. Es por ello

por lo que el presente trabajo busca identificar todas las carencias mencionadas para brindar al paciente un oportuno apoyo teniendo en cuenta la discapacidad que poseen, por lo que, en este caso, nos enfocaremos especialmente en ellos.

En los últimos años, los adultos mayores con discapacidad visual necesitan un constante monitoreo de sus signos vitales, como son la temperatura y el pulso cardiaco, y debido a estudios ya realizados se han encontrado que se encuentran estrechamente ligados con el padecimiento de varios tipos de enfermedades relacionadas con la edad. La monitorización de los signos vitales es una tarea compleja, debido a que la medición de estos parámetros biomédicos requiere de equipos sofisticados, grandes y costosos que requieren de personal especializado para su funcionamiento. Hasta la actualidad, no existe en el mercado un dispositivo portátil a un precio relativamente asequible con funciones de asistencia virtual de este tipo. Por ello, se quiere abordar esta necesidad con un sistema de monitoreo de signos vitales portátil y wearable, que pueda ser movilizado a donde quiera que se dirija el paciente y adicionalmente cuente con un asistente virtual que conectado a un aplicativo móvil ayude a localizar voluntarios para el acompañamiento oportuno y brinde soporte oportuno en caso de emergencia o consultas básicas, así como también, que pueda almacenar los datos obtenidos para luego ser mostrados en un gráfico el comportamiento de estos. El sistema de monitoreo debe ser económico y de uso sencillo, con el objetivo de ser implementado en pacientes adultos mayores con discapacidad visual leve que no tengan la disponibilidad de ir en todo momento al hospital para un monitoreo de sus signos vitales.

II. MÉTODOS

El diseño del sistema se dividió en dos etapas:

Diseño de un prototipo de monitoreo de signos vitales usando un protocolo de bajo consumo de energía

Para el diseño del presente sistema se realizó un análisis exhaustivo de los componentes a utilizar en el prototipo, tales como los son los sensores de temperatura y frecuencia cardiaca. Es por ello por lo que se opta por elegir un microcontrolador, en este caso el ESP-WROOM-32, y sensores (MAX30102, MLX90614 (GY-906) Y MPU 6050) que estén acorde con las funciones que se requiere obtener del prototipo, los cuales son, la funcionalidad, tamaño, consumo de energía y costos en el

mercado. Para la lectura de los parámetros de los signos vitales se utilizaron los sensores MAX30102 y MLX90614 (GY-906), mientras que el sensor MPU 6050, se utilizó para detectar si el paciente presenta alguna caída abrupta. La captación de estas señales es enviada al aplicativo móvil mediante bluetooth para su respectivo almacenamiento.

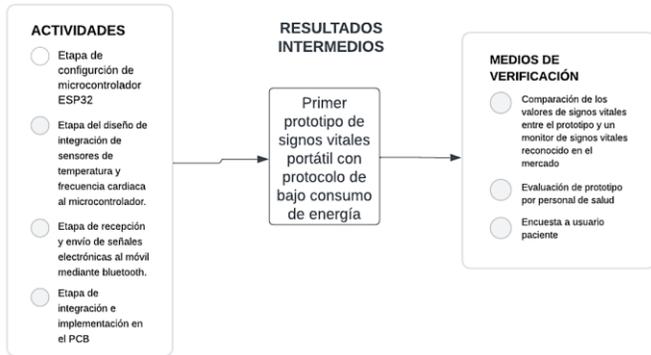


Fig 7. Conexión de sensores al microcontrolador ESP-WROOM-32

El ESP-WROOM-32 es un microcontrolador que posee un sistema de un chip que nos permite utilizar la solución de Wifi/Bluetooth para la transmisión de los datos obtenidos de los sensores conectados a los periféricos. Cuenta con una frecuencia de 2.4Ghz y una potencia de 4nm lo cual nos permite considerar a este microcontrolador como el óptimo para la misión del presente proyecto. [45]

A diferencia de los otros microcontroladores del mercado, se eligió este microcontrolador por sus siguientes características: Económico

- Bajo consumo de energía
- Mejor captación, purificación y transmisión de señales
- Uso de tecnología IoT: WiFi y Bluetooth

Programación: La programación se realizó empleando el entorno de desarrollo Thonny y la programación la hemos desarrollado utilizando el lenguaje de programación Python. El código principal del programa está compuesto por la importación de las bibliotecas y módulos a utilizar, esto incluye las bibliotecas para el manejo de los sensores el control de GPIO, temporizadores, Bluetooth, etc. Asimismo, en el código principal hemos configurado los pines, temporizadores y sensores utilizados. También, hemos creado una instancia de la clase ESP32_BLE para manejar la comunicación y poder enviar datos a dispositivos conectados. El LED en el dispositivo parpadea para indicar si hay una conexión BLE establecida.

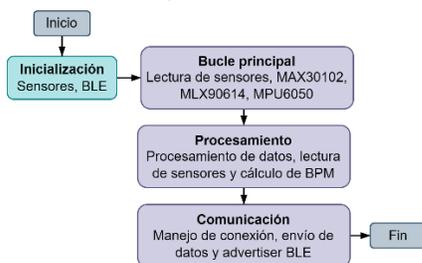


Fig 5. Diagrama de flujo de código de programación del sistema de monitoreo de los signos vitales

Etapa del diseño de integración de sensores de temperatura y frecuencia cardíaca al microcontrolador: En la siguiente etapa se realiza la integración mediante un circuito de los sensores que ayudarán a la detección de los signos vitales y la caída del paciente con el microcontrolador ESP-WROOM-32. Los sensores utilizados en el presente proyecto son los siguientes: MAX30102, MLX90614(GY-906) y MPU 6050.

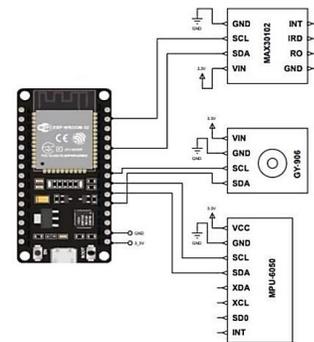


Fig 7. Conexión de sensores al microcontrolador ESP-WROOM-32

Etapa de recepción y envío de señales electrónicas al móvil mediante bluetooth:



Fig 8. Diagrama de flujo de recepción y envío de señales electrónicas al móvil

Etapa de integración e implementación en el PCB: Se muestra

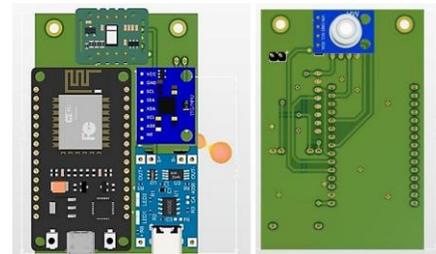
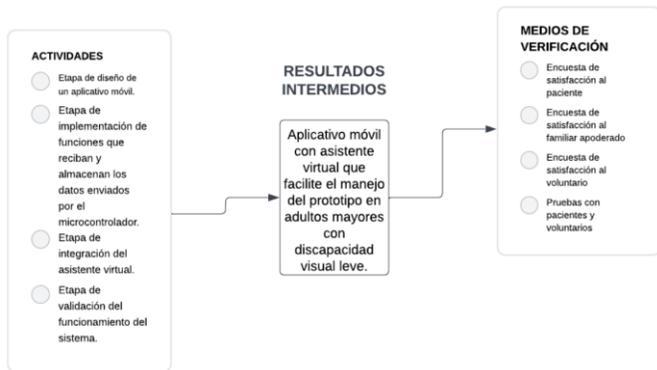


Fig 9. PCB cara frontal y posterior

Diseño de un aplicativo móvil que facilite el manejo del prototipo en adultos mayores con discapacidad visual leve:

Para esta segunda parte del diseño, nos enfocamos en realizar el aplicativo móvil con todas las funcionalidades básicas y requeridas del paciente, sumando a ello, nos permitirá obtener las señales enviadas del microcontrolador para luego

ser almacenadas y mostradas en un determinado periodo de tiempo. El aplicativo también contará con un registro de voluntarios que se ofrezcan a apoyar al paciente con ciertos requerimientos que son, acompañamientos a citas médicas o apoyo con el suministro de medicamento. Finalmente, se incrementó al aplicativo móvil la función de asistencia virtual básica que cumple con la función de apoyar con cierta información al paciente mediante comando de voz.



Etapa de diseño de un aplicativo móvil:

La aplicación LUDI es un asistente médico desarrollado en Flutter, diseñado para ayudar a los usuarios a realizar un seguimiento de su salud y recibir asistencia de voluntario. La aplicación utiliza Firebase como backend para almacenar datos y autenticación, Drift como base de datos local y también incorpora un sistema de chat con voluntarios médicos y un mapa para localizarlos.

Diseño del aplicativo usuario paciente: el interfaz gráfico que es diseñado para el aplicativo móvil en la versión usuario paciente son las siguientes: interfaz de inicio de sesión, interfaz de registro del paciente, interfaz de parámetros de signos vitales y registro de caídas, interfaz de configuración de medicación, interfaz de ubicación de voluntarios, interfaz de configuración de usuario de emergencia. En la siguiente interfaz para registrarse se debe elegir si el usuario es paciente o voluntario.



Figura X. Interfaz de inicio de sesión y elección de tipo de usuario

En el siguiente interfaz el usuario paciente debe registrarse colocando sus nombres completos, foto, número de celular, correo electrónico y contraseña.



Completamos todos los campos (son obligatorios para continuar) y seleccionamos en el botón "Guardar."

Fig 3. Interfaz de registro de usuario

En la próxima interfaz se observan los parámetros de los signos vitales y los registros de caídas.



Seleccionamos el botón de micrófono para activar el asistente virtual e indicar la tarea a realizar

En nuestro Dashboard tendremos 3 secciones:

- Prueba de función cardiaca.
- Prueba de temperatura
- Detección de caídas

En donde podremos acceder a otras gráficas y mediciones al seleccionarlas (excepto en el de detección de caídas)

Barra de desplazamiento entre páginas

Fig 3. Interfaz de registro de parámetros de signos vitales y caídas



Gráfico de 7 días, 31 días y 12 meses.

En el cual tendremos gráficos de la evolución de nuestra temperatura.

Cada color representa un estado de temperatura: bajo, normal, alto

Fig 3. Interfaz de registro de parámetros de signos vitales y caídas

En el siguiente interfaz se configura el nombre del medicamento y el horario de toma de medicinas, esta configuración hará que suene una alarma en el horario configurado y muestre el nombre de la medicina a tomar.



Podremos seleccionar las fechas para configurar

En esta vista encontraremos todos nuestros medicamentos configurados, y también podremos eliminarlos

Botón para añadir nueva medicación

Fig 17. Interfaz de configuración de alarma de medicamentos

El siguiente interfaz está diseñado para que el paciente pueda localizar al voluntario cercano a él y contactarlo para que lo apoye en su traslado en caso de emergencia. En ese mapa del interfaz el usuario ingresará los datos de la ubicación a donde se está dirigiendo.



Tenemos un mapa que nos envía la ubicación en tiempo real de todos los voluntarios disponibles.

Seleccionamos a un voluntario y luego al botón "Contactar"

Fig 18. Mapa de localización de voluntarios disponibles

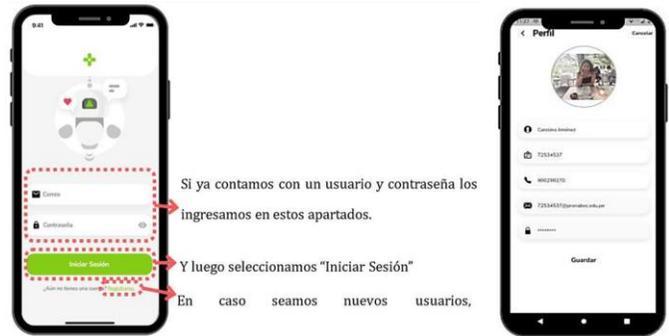
En el siguiente interfaz el usuario paciente configura el contacto de emergencia al cual se enviará el mensaje de advertencia cuando se detecte una caída o cuando los parámetros de signos vitales salgan de los parámetros normales.



Fig 19. Configuración de contacto de emergencia

Diseño del aplicativo usuario voluntario: El aplicativo está diseñado para que el acceso de usuario voluntario tenga un interfaz de inicio de sesión, un formulario de registro donde completará sus datos personales y de contacto, asimismo cuenta con slide de chat donde el voluntario podrá ponerse en contacto con el paciente.

En el interfaz de inicio de sesión, el usuario tendrá que colocar su correo y contraseña que configuró al momento de su registro al aplicativo.



Si ya contamos con un usuario y contraseña los ingresamos en estos apartados.

Y luego seleccionamos "Iniciar Sesión"

En caso seamos nuevos usuarios,

Fig 19. Inicio de sesión de usuario voluntario y registro de datos

La siguiente interfaz está diseñada para que el usuario voluntario pueda contactarse por medio de chat con el usuario paciente.

Programación de aplicativo móvil: El código que se presenta a continuación fue utilizado para desarrollar la aplicación móvil y está escrito utilizando el framework de desarrollo Flutter. Entre las características principales del código se incluyen la inicialización de Firebase a través de *flutterLocalNotificationsPlugin*, la configuración de canales y notificaciones, la gestión de permisos para almacenamiento, micrófono, Bluetooth, SMS y notificaciones, así como la utilización de MultiProvider para la inicialización de proveedores y servicios. Además, se implementa la función principal main. En resumen, el código establece la estructura fundamental de una aplicación Flutter que hace uso de Firebase para autenticación, almacenamiento y base de datos, incorporando también notificaciones locales y gestión de permisos del sistema.

Etapas de implementación de funciones que se encarga de la recepción y almacenamiento de los datos: La información de los signos vitales se almacena en Drift, que actúa como una base de datos local en el dispositivo del usuario. Este sistema proporciona un acceso rápido y eficiente a los datos. Además, se utilizó Firestore para almacenar información como datos de usuarios, historiales médicos y mensajes de chat en tiempo real.

Etapas de integración del asistente virtual: El asistente virtual está integrado mediante el uso del Asistente Virtual de Google. Puede activarse simplemente presionando el icono del micrófono en nuestra aplicación y emitiendo el comando correspondiente.

Etapas de validación del funcionamiento del sistema: Se realizan las pruebas de funcionamiento del aplicativo móvil encontrándose que funcionan correctamente todas sus funcionalidades principales

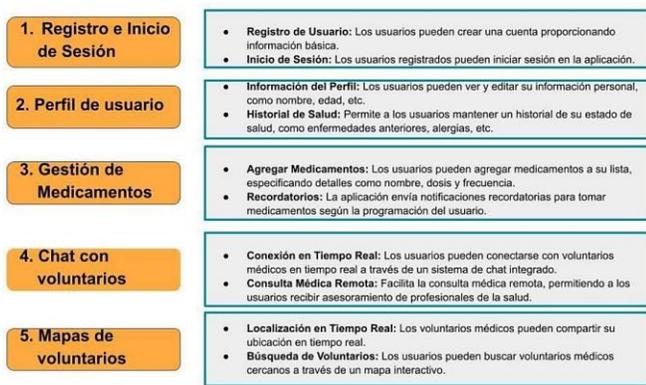


Fig 24. Funciones principales del aplicativo móvil

II. RESULTADOS

En el presente proyecto de investigación se obtuvieron resultados descriptivos e inferenciales las cuales corresponden a los resultados de las constataciones ejecutadas.

Hemos realizado la recopilación de información de los instrumentos para la recolección de datos, entre los resultados obtenidos presentamos la respuesta de 10 adultos mayores con discapacidad visual leve, quienes participaron voluntariamente en una prueba del uso del prototipo del sistema de monitoreo de signos vitales con asistencia virtual. A los cuales luego se les realizó un cuestionario de satisfacción la cual fue conducida por el investigador presente en las pruebas. Los resultados en el cuestionario fueron los siguientes:

Los resultados de satisfacción del monitor de signos vitales están detallados en la siguiente gráfica estadística, donde se pueden observar las siguientes cifras y las tendencias asociadas con cada respuesta:

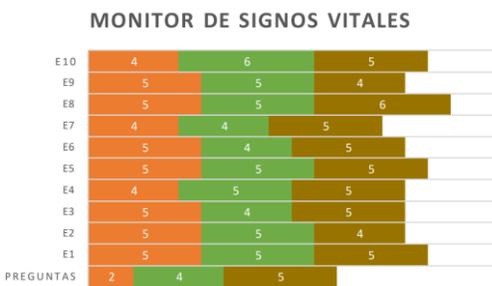


Fig 25. Resultados en método gráfico de barras respecto a las preguntas de satisfacción del monitor de signos vitales

En la siguiente tabla se puede observar las tendencias en los promedios de las 3 respuestas de la sección de la evaluación correspondiente al monitor de signos vitales:

TABLA I
RESULTADOS PROMEDIOS POR PREGUNTA DE SATISFACCIÓN DEL MONITOR DE SIGNOS VITALES

Nº	Cuestiones	Puntaje Promedio
2	La colocación del prototipo fue accesible	4.7
4	El prototipo es de uso flexible y confortable	4.8

5	La velocidad de la detección de datos es óptima	4.9
---	---	-----

De la tabla podemos medir el grado de aceptación por medio del promedio aritmético total de todas las respuestas obteniendo un valor favorable de 4.8 de 6.

Los resultados de satisfacción del aplicativo móvil detallados en la siguiente gráfica estadística, donde se pueden observar las siguientes cifras y las tendencias asociadas con cada respuesta:

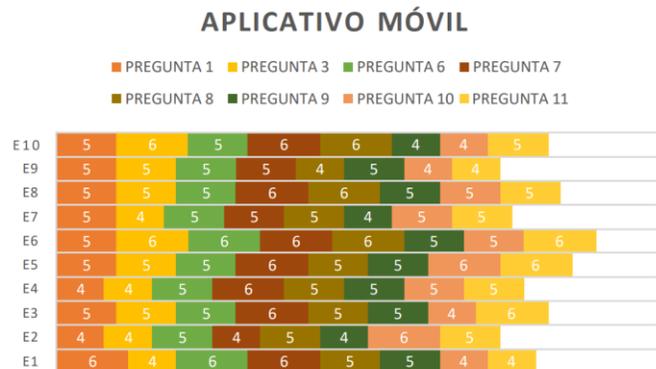


Fig 24. Resultados en método gráfico de barras respecto a las preguntas de satisfacción del aplicativo móvil

En la siguiente tabla se puede observar las tendencias en los promedios de las 8 respuestas de la sección de la evaluación correspondiente al aplicativo móvil:

TABLA II
RESULTADOS PROMEDIOS POR PREGUNTA DE SATISFACCIÓN DEL APLICATIVO MÓVIL

Nº	Cuestiones	Puntaje Promedio
1	La descarga del aplicativo móvil fue fácil	4.9
3	El aplicativo móvil muestra las mediciones obtenidas	4.8
6	La velocidad de la detección de datos es óptima	5.2
7	El sistema de alerta de solicitud de ayuda y de caída es inmediato	5.6
8	La información obtenida del aplicativo móvil es útil	5.2
9	El apoyo del voluntario es funcional	4.7
10	La información de contacto del voluntario es suficiente	4.8
11	El manejo del sistema de uso es accesible para pacientes con o sin experiencia	5.1

De la tabla podemos medir el grado de aceptación por medio del promedio aritmético total de todas las respuestas obteniendo un valor favorable de 5.03. A continuación, se muestran los resultados de la guía de observación utilizada en el presente informe de investigación nos brinda un resultado total en las acciones a evaluar y nos brindan observaciones a modo de realimentación positiva

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el presente trabajo de investigación se tuvo los resultados requeridos con un promedio general de 4.9 según

nuestras encuestas realizadas que se reflejan en la Tabla N°04 y Tabla N°5 respectivamente, lo que muestra como resultado general que nuestro resultado fue cercano a TOTALMENTE DE ACUERDO. Adicionalmente, demostramos que la guía de observación tuvo un resultado favorable con un SI en todas sus marcaciones como se refleja en la Tabla N°06, este resultado, nos ratifica que nuestro sistema de monitoreo es funcional para el uso del paciente, médico y voluntario, cumpliendo así con nuestra hipótesis general: “El sistema de monitoreo de signos vitales con asistencia virtual prevendrá enfermedades preexistentes y mejorará la calidad de vida en adultos mayores con discapacidad visual en el Callao.

IV. CONCLUSIONES

- El empleo de la tecnología WBAN para recabar las señales obtenidas mediante el monitoreo de signos vitales es conveniente por la seguridad de pacientes y su eficiencia en el análisis y transmisión de información de los signos vitales.
- El monitoreo constante de los signos vitales del paciente y su almacenamiento de información oportuna es una data importante para que el especialista pueda determinar un diagnóstico más específico y brindar un tratamiento determinante a la solución.
- Prevenir enfermedades preexistentes en adultos mayores disminuye el riesgo de mortalidad de estos por lo que una detección temprana mejora su calidad de vida y la de su familia. El uso del aplicativo móvil es útil para el almacenamiento de la información que se obtiene del paciente mediante el prototipo.
- El asistente virtual incorporado es favorable puesto que mediante ello se puede informar al familiar y médico tratante sobre el valor fuera de rango que presenta el paciente, adicionalmente, puede conectar mediante un mapa geográfico la ubicación del voluntario disponible entablando así una conversación.
- La interfaz gráfica del aplicativo móvil evidenció ser interactiva y de fácil uso tanto para el usuario voluntario y paciente. Ya que se logró observar fácil manejo de los usuarios al manejar el interfaz de configuración de alerta para toma de medicinas, el interfaz de registro y de búsqueda de voluntario para solicitar ayuda en caso de emergencia.
- Las notificaciones en caso de caídas o parámetros anómalos enviadas al contacto de emergencia y médico tratante llegaron a ser de gran ayuda pues aceleraron el tiempo de respuesta al acudir en la ayuda del paciente y tomar las acciones médicas correspondientes.
- La alarma audible de toma de medicina ayudó a los pacientes adultos mayores a tener una mayor adherencia a la toma de sus medicamentos lo cual mejora en gran medida su tratamiento médico.
- La implementación de un mapa en tiempo real, que refleje la ubicación de los voluntarios disponibles, ha optimizado la conexión entre aquellos pacientes que requieren

asistencia y los voluntarios más cercanos, dispuestos a desplazarse para brindarles su ayuda.

AGRADECIMIENTOS

The preferred spelling of the word “acknowledgment” in America is without an “e” after the “g.” Try to avoid the stilted expression, “One of us (R. B. G.) thanks ...” Instead, try “R.B.G. thanks ...” Put sponsor acknowledgments in the unnumbered footnote on the first page.

REFERENCIAS

- [1] Manuscript Templates for Conference Proceedings, IEEE. http://www.ieee.org/conferences_events/conferences/publishing/templates.html
- [2] M. King, B. Zhu, and S. Tang, “Optimal path planning,” *Mobile Robots*, vol. 8, no. 2, pp. 520-531, March 2001.
- [3] H. Simpson, *Dumb Robots*, 3rd ed., Springfield: UOS Press, 2004, pp.6-9.
- [4] M. King and B. Zhu, “Gaming strategies,” in *Path Planning to the West*, vol. II, S. Tang and M. King, Eds. Xian: Jiaoda Press, 1998, pp. 158-176.
- [5] B. Simpson, et al, “Title of paper goes here if known,” unpublished.
- [6] J.-G. Lu, “Title of paper with only the first word capitalized,” *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [7] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” *IEEE Translated J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [*Digest 9th Annual Conf. Magnetics Japan*, p. 301, 1982].
- [8] M. Young, *The Technical Writer’s Handbook*, Mill Valley, CA: University Science, 1989.