

Sistema de atención a pacientes hospitalizados utilizando Raspberry Pi con Cámara Megapíxel y OpenCV

Jesús Alpaca Rendón, Ing.¹, José Esquicha Tejada, Mg², Karina Rosas Paredes, Mg³

¹ Universidad Católica de Santa María, Perú, 71414770@ucsm.edu.pe

² Universidad Católica de Santa María, Perú, jesquicha@ucsm.edu.pe

³ Universidad Católica de Santa María, Perú, kparedes@ucsm.edu.pe

Resumen— Este artículo presenta una propuesta para mejorar la atención de pacientes hospitalizados, utilizando tecnologías emergentes como la placa Raspberry Pi y su módulo de cámara megapíxel. Para la implementación de la propuesta se utilizó el lenguaje de programación Python, con la biblioteca OpenCV que fue programado dentro de la placa, además se implementó un servidor web con Django, para monitorear al paciente de forma remota. Se muestra las pruebas realizadas, de tal forma que haciendo señales por parte del paciente con la mano frente a la cámara megapíxel, el sistema reconocerá los movimientos y se emitirá un llamado al personal asistencial (médicos, enfermeras y/o auxiliares) dependiendo de la necesidad del paciente.

Palabras clave— Raspberry Pi, Reconocimiento de Patrones, Pacientes Hospitalizados, Plataforma Web, OpenCV.

Abstract— This article presents a proposal to improve hospitalized patients caring, using emerging technologies such Raspberry Pi board and its megapixel camera module. For the implementation of the proposal we used Python programming language, with the OpenCV library that was programmed inside the board. In addition, it was implemented a web server with Django to monitor the patient remotely. The tests performed are shown, so that by making signs with the patient's hand in front of the megapixel camera, the system will recognize the movements and a call will be issued to the care staff (doctors, nurses and / or auxiliaries) depending on the Need of the patient.

Key words – Raspberry Pi, Pattern Recognition, Hospitalized Patients, Web Platform, OpenCV.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología en la actualidad, es utilizada en diversas áreas del saber humano, que cubren la necesidad de automatizar los procesos repetitivos, que por medio de uno o más computadores llega a ser procesados de manera eficaz y eficiente.

Actualmente, los centros de salud peruanos tienen deficiencias en llegar atender de la mejor forma a los pacientes. Según el diario Peru21 [1], en el seguro social tienen casi 10 millones de asegurados y solo cuentan con 8 mil médicos, teniendo que esperar hasta tres meses para conseguir una cita. La experiencia de un paciente interno, hace ver las cosas desde otra perspectiva, principalmente teniendo claro que uno no es el único paciente, generándose problemas por falta de personal que

los asista, ya que los pacientes requieren atención mientras estén internos en el centro de salud.

Según el escenario propuesto los problemas recurrentes que fueron analizados, son:

- El paciente internado, no puede estar fuera de su cama, por sus bajas defensas.
- El paciente internado, requiere de ayuda cuando tiene alguna urgencia.
- El personal asistencial, tienen dificultades de atender gran cantidad de pacientes internados, no posee un sistema de alertas.

Teniendo en cuenta los problemas recurrentes mencionados anteriormente, es necesario tener un sistema capaz de ser utilizado por el paciente sin alterar su estado actual, asimismo el sistema pueda ser manejado por el personal médico. La propuesta consideró utilizar reconocimiento de patrones, para detectar la información o datos del mundo real, de esta manera el paciente podrá pedir ayuda al personal. Actualmente en el Centro de Salud Edmundo Escomel I de EsSalud (Seguro Social de Salud del Perú) de la ciudad de Arequipa, se observa que existe un método de ayuda: “las botoneras”, las cuales al presionarlas (ubicadas al costado de las camas) se enciende una luz en el pasadizo solicitando atención, sin embargo muchas de las botoneras no funciona correctamente, por lo que el paciente tiene que solicitar ayuda al vecino, que si dispone de una botonera activa o bien levantar la voz para que el personal asistencial los escuche.

Para la propuesta, se planteó buscar una biblioteca de reconocimiento de patrones, que tenga la particularidad en reconocer la mano del paciente internado, siendo la más indicada: OpenCV; según R. Sutoyo, et al. [2] presentó un artículo, que muestra la aplicación de uno de los algoritmos que brinda OpenCV que es el de Haar-Training, este algoritmo básicamente lo que hace es brindar mediante una serie de muestras positivas y muestras negativas al sistema, siendo una manera de aprender el reconocimiento de un objeto (usualmente usado para identificar rostros), en si el algoritmo programado en OpenCV es una combinación del algoritmo de P. Viola y M. J. Jones[3] y el algoritmo de Shengcai Liao, et al. [4], que tiene como objetivo lograr a través del reconocimiento de la mano una manera más sencilla y practica de hacer presentaciones. En

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.223>

ISBN: 978-0-9993443-0-9

ISSN: 2414-6390

el proyecto se muestra como la distancia y la luminosidad son factores que afectan el resultado final del proyecto, pero a pesar de eso se logra detectar la cantidad de dedos que se está mostrando a la cámara.

Otro proyecto presentado es de W. Feipeng Abaya et al. [5], el cual realizó la creación de un sistema de vigilancia de bajo coste utilizando Raspberry Pi y OpenCV, este sistema tiene como finalidad desarrollar una vigilancia las 24 horas del día, para verificar si existe movimiento o no. El sistema consta principalmente de un Raspberry Pi Model B+ y OpenCV ya instalado, en cuanto a la cámara, utilizaron una cámara web ordinaria a la que le añadieron un filtro IR conectado con un LED para iluminación. El sistema fue puesto a prueba, de las cuales el 83.33% de los 12 casos de testing que se realizó durante todo el día, uno en cada hora, salió satisfactorio. Se realizó también un test de varias pruebas durante las 24 horas, dando un porcentaje de acierto por cada hora, en promedio se obtuvo un 83.56% de acierto.

Con esta propuesta, se pretende tener un sistema en la que los pacientes puedan realizar una señal a la cámara megapíxel y esta registre la solicitud, para inmediatamente ser atendida por el personal asistencial, además de almacenar estas solicitudes en una base de datos, que permitirá realizar consultas, modificaciones y reportes mediante la plataforma web.

II. SITUACION ACTUAL

En el Centro de Salud Edmundo Escomel I EsSalud (Arequipa - Perú), el personal atiende parcialmente de manera adecuada y los pacientes en su mayoría no tienen quejas, sin embargo, ocurre hechos constantes que genera incomodidad entre el personal y los pacientes. En la actualidad se utiliza el sistema de botoneras, que consta de un botón conectado a una pequeña bombilla que se encuentra en el pasillo, en la puerta de la habitación correspondiente, entonces el paciente al presionar el botón que se encuentra al costado de su cama hace que se encienda la luz en el pasillo, alertando al personal asistencial sobre la necesidad de atención inmediata. Sin embargo, no todas las botoneras funcionan correctamente, obligando a los pacientes a buscar otras alternativas como pedir ayuda (levantando voz) al personal asistencial o pedirle a otro paciente internado, para que le ayude a llamar al personal asistencial.

De un grupo de 5 pacientes hospitalizados entre 1 a 5 días. Se verificó que el 80% de sus botoneras no funcionaban correctamente y un 100% calificó el tiempo de atención por parte del personal como “regular” (Ver Fig.1), debido a que en varias ocasiones no se llega a escuchar el llamado o sus botoneras no llegaban a encender la luz al momento de presionarlas, obligando al paciente a insistir hasta que encienda la luz o solicitar apoyo.

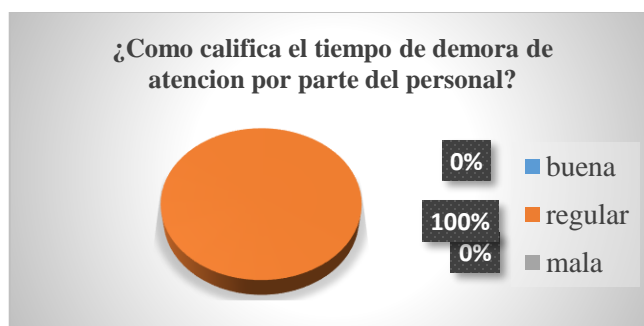


Fig. 1 Resultados de la 1era pregunta de la encuesta a pacientes

Por parte del personal asistencial, se realizó una encuesta a 10 doctores y 10 enfermeras, cuando se les preguntó sobre cómo era que solicitaban atención los pacientes, un 60% de los doctores (Ver Fig. 4) y un 40% de las enfermeras (Ver Fig. 3) indicó que lo hacían levantando la voz o llamando insistentemente al personal asistencial, además de que el 90% de los doctores confirmó que hubo varias quejas por parte de los pacientes, debido al tiempo de demora de atención y un 80% de las enfermeras de igual manera confirmaron esta situación.

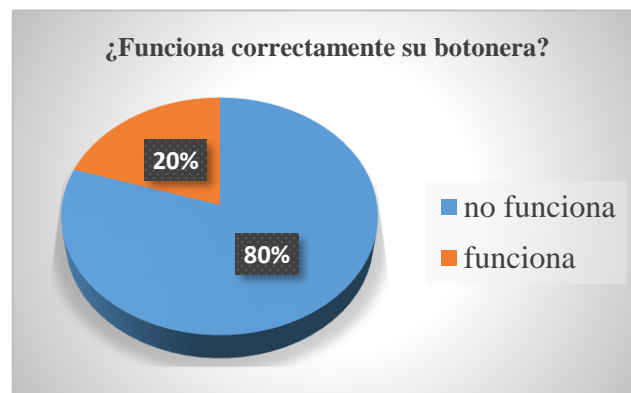


Fig. 2 Resultados de la 2da pregunta de la encuesta a pacientes



Fig. 3 Resultados de la 2da pregunta de la encuesta a médicos

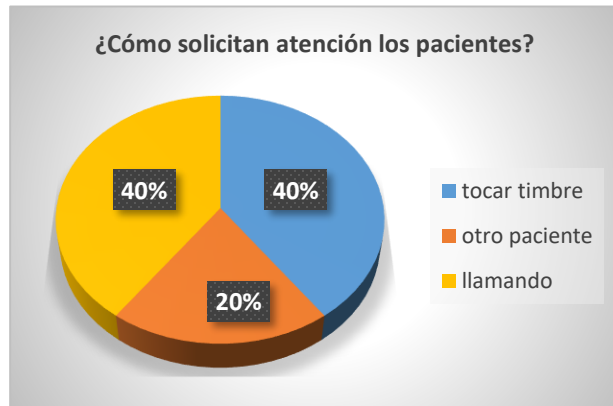


Fig. 4 Resultados de la 2da pregunta de la encuesta a enfermeras

III. COMPARACION DE HERRAMIENTAS

Primero se evaluó diferentes herramientas y alternativas para lograr concretar el proyecto, ya que se plantea utilizar una cámara capaz de reconocer señales del paciente y tener el hardware más viable para el proyecto. Según Shapiro, G. Linda y C. George Stockman [6], indican que el reconocimiento de patrones tiene un sistema básico que debe respetarse para que este tenga un correcto funcionamiento, este sistema consta de un sensor, un extractor de características y un clasificador (ver Fig. 5). Por lo que se debe aplicar el mismo patrón a la propuesta, para lograr obtener la información necesaria de los pacientes.

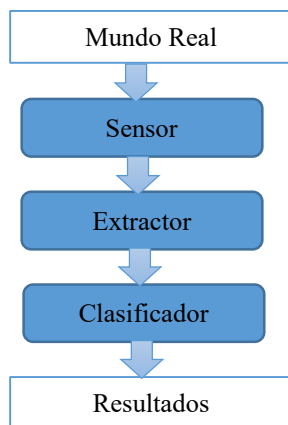


Fig. 5 Sistema Básico de Reconocimiento

Se evaluó las diferentes placas existentes en el mercado actual como la Cubieboard, Arduino, etc.

Sin embargo, para este proyecto se eligió por viabilidad la de Raspberry Pi, en la siguiente tabla se puede observar las diferencias:

Tabla 1. Comparación entre placas de Hardware

Hardware	CubieBoard	Arduino Due	Raspberry Pi 2 modelo B
Precio	49\$	15\$	35\$
Comunidad	Poca Comunidad	Gran Comunidad	Gran Comunidad
GPIO	67 pines	54 pines	40 pines
ClockSpeed	1.0 GHz	85MHz	900 MHz
Soporte para Sistemas Operativos	Linux/Android	No	Linux
Camara	si	si	si Mega Pixel

Según la Tabla 1, Raspberry Pi tiene un precio aceptable comparado con su competencia, además cuenta con una gran comunidad que apoya a las mejoras de compatibilidad de hardware y software; aparte, se podría adicionar una cámara mega pixel compatible y así cumplir los objetivos de la propuesta.

Con la placa Raspberry Pi, se logró utilizar la biblioteca Open CV en Python para desarrollar el reconocimiento de patrones. La biblioteca está desarrollada en lenguaje C/C++, pero puede utilizarse para Python, Android, etc. Al estar implementado en Python tiene la flexibilidad para desarrollar la propuesta en comparación a otros frameworks (ver Tabla 2):

Tabla 2. Comparación entre framework de Reconocimiento de patrones

Framework	IGesture	Aforge .NET	OpenCV
Interfaces para diversos lenguajes	Solo Java	Solo C#	C++, C#, Java, Python, Android
Comunidad	Poca Comunidad	Poca Comunidad	Gran Comunidad
De Código Libre	Código Libre	Código Libre	Código Libre
Actualizaciones	Última Actualización 2007	Última Actualización 2013	Última Actualización 2016
Soporte para Sistemas Operativos	Windows/Linux	Windows	Windows/Linux /Mac OS/ Android/IOS

Esta tabla 2, muestra que OpenCV posee un buen soporte por la gran aceptación de la comunidad de usuarios seguidores, además de ser código libre, esta biblioteca va creciendo y mejorando día a día, incluyendo ya varios algoritmos de reconocimiento de patrones probados y conocidos por la comunidad científica, su compatibilidad con Python lo hace que se considere idóneo para esta propuesta.

IV. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema está desarrollado en Python en su totalidad con PostgreSQL, ya que Django tiene gran compatibilidad con SQLite y PostgreSQL, se podría trabajar con MySQL sin embargo, Django tienen conflictos y no es muy compatible para entablar conexión con el gestor de la base de datos.

Se eligió Python 2.7, por la facilidad de configuración y la compatibilidad con PostgreSQL, solo se tiene que instalar el psycopg2, que es la librería de conexión entre Python y PostgreSQL, para así entablar la conexión entre el lenguaje de programación y el gestor de la base de datos.

Para la generación de reportes, se eligió la librería ReportLab, la cual es una librería para generar reportes en Python en diferentes formatos, permitiendo incluso la creación de gráficos y estadísticas, que se pueden visualizar en PDF, Word, Excel, etc.

Para el hardware se optó por la placa Raspberry Pi, que posee pines de entrada y salida (GPIO) para colocar actuadores o sensores, la librería utilizada en Python para el reconocimiento es RPi.GPIO, esto facilita la interacción de la cámara Raspberry Pi con el paciente, por ejemplo si el paciente realiza una señal a la cámara, esta detectará el significado de la señal, y mediante los leds que estarán conectado en los pines de la GPIO (placa Raspberry Pi), se encenderán según la señal detectada por la cámara, de esta manera el paciente sabrá que su solicitud ha sido enviado.

Finalmente, la biblioteca OpenCV requiere de una cámara o un dispositivo capaz de capturar imágenes o videos; el programa Picamera permite cumplir con la captura y ser compatible con el lenguaje de programación de Python.

El servidor Web está implementado con Django, que es un framework orientado a la programación de objetos, con un patrón arquitectural MVC (Modelo-vista-controlador), se siguió este planteamiento para su desarrollo, en cuanto a la arquitectura de la programación del Raspberry Pi se dividió mediante clases con funcionamiento específico e independiente, sin comprometerlos mutuamente (Ver Fig. 6):

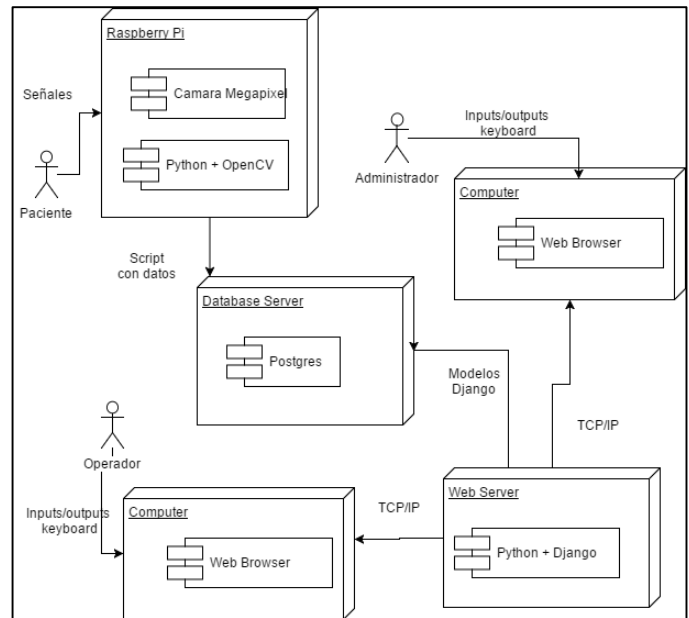


Fig. 6 Diagrama de Despliegue del Sistema

El diagrama de clases del sistema implementado en el Raspberry Pi, se detalla en la Fig.7, tiene una clase denominada Interfaz, Sql, Movimiento, Led, Alerta y Reconocimiento.

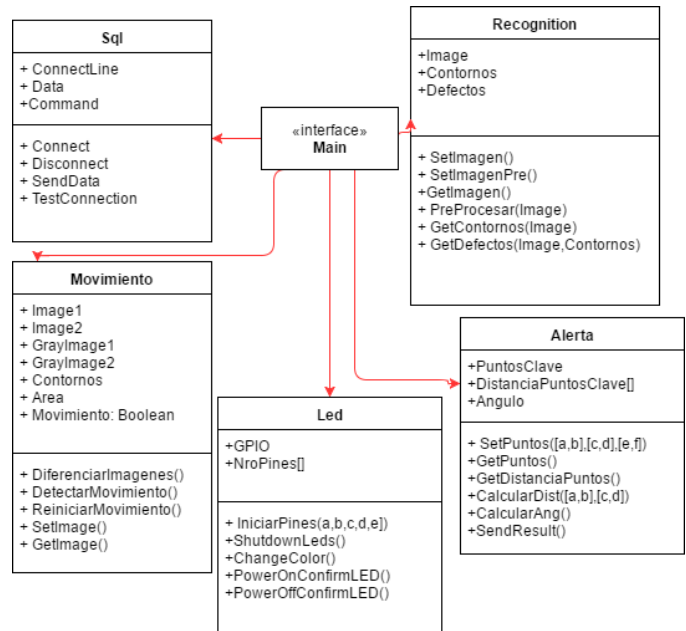


Fig. 7 Diagrama de Clases del sistema en Raspberry

V. DESARROLLO DEL MODELO

Existen varios proyectos realizados en Raspberry Pi y OpenCV que pueden facilitar la creación del proyecto. En el año 2014 V. Sharma [7], desarrolló una manera de detectar la cantidad de dedos en una imagen mediante un método matemático simple, la idea consistía básicamente en interpretar en una imagen, es decir sin otros elementos en la imagen que no sea la mano, la cual ya lo tiene implementado la biblioteca OpenCV, ya que los métodos para su detección utilizan algoritmos presentados y validados hace varios años y funcionan correctamente según el ambiente indicado. OpenCV tiene métodos como findContours y ConvexHull, estos métodos utilizan los algoritmos de Suzuki [7], y el Método de Graham [8] respectivamente. Una vez que se tenga los datos obtenidos, Vipul [9] presenta una imagen e interpretar las señales de los dedos, para esto se utiliza el Teorema del Coseno.

El teorema coseno, es una derivación del teorema de Pitágoras donde utiliza los triángulos rectángulos. El teorema aplica la misma lógica de Pitágoras, con la diferencia de que esta vez considera que un triángulo rectángulo tiene relación de uno de sus lados con el coseno del ángulo formado por los otros 2 lados. Quedando la fórmula de la siguiente manera (1):

$$C = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos\gamma} \quad (1)$$

Sin embargo lo que se plantea, es hallar el ángulo y no el valor del lado del triángulo, si se realizará esto, la fórmula quedaría como (2):

$$\gamma = \arccos \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 \cdot a \cdot b} \quad (2)$$

Ahora se debe aplicar lo planteado en la propuesta, OpenCV previamente brinda la imagen de una mano en la cámara, la distancia entre las puntas de cada dedo, entonces lo que se sabe es el ángulo formado por cada dedo que es menor a 90°, por lo que si se quiere que el sistema interprete la cantidad de dedos del paciente como una señal, el ángulo obtenido por la fórmula, debe ser menor a 90°.

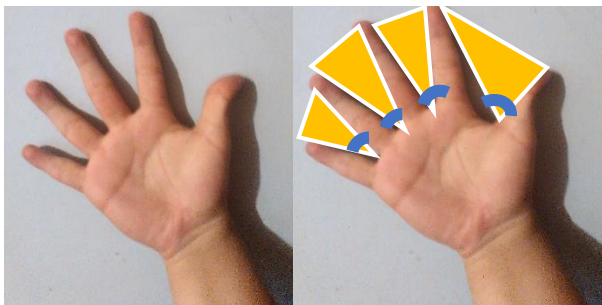


Fig 8. Ángulos que analizara el sistema

Luego para reconocer las señales, se tiene la tabla 3, que especifica las alertas predefinidas por cada tipo de señal, se consideró 4 señales para el funcionamiento de este modelo las

cuales dependen de cuantos dedos se muestren a la cámara, además de colocar un led adicional para indicar al paciente internado que esta enviando la señal el sistema.

Tabla 3. Conjunto de Señales del Sistema

SEÑALES DEL PACIENTE	MENSAJE	COLOR DE LED
Señal con 1 o 2 dedos	¡Necesito Atención urgente por favor!	AMARILLO
Señal con 3 dedos	¡Necesito una Enfermera por favor!	AZUL
Señal con 4 dedos	¡Necesito un Doctor por favor!	ROJO
Señal con 5 dedos	¡Necesito ir al Baño!	NARANJA

En el caso de la señal con 1 o 2 dedos (Ver Fig. 9), se consideró probar con un dedo en el sistema, ya que lo considera de igual forma como si se mostraran 2 dedos, eso se debe, a que el número de ángulos es 1 en ambos casos, aunque en el primer caso no considera una distancia entre dedos sino entre la punta del dedo con el punto inicial, lo que hace considerar la punta del dedo como el ángulo a analizar. Luego se reconocería la señal de la cámara desde donde se realizó la solicitud, integrando la fecha y hora; con esta información se registra directamente en la base de datos mediante un adaptador Wifi (red inalámbrica) que se coloca al Raspberry Pi 2B.

En cuanto al desarrollo del sistema, se plantea que las solicitudes deben ser procesadas y registradas en el sistema web, siendo importante definir, si fue atendido o no el paciente, lográndose esto, con una breve descripción de la atención; además de brindar un reporte de lista de solicitudes, presenta un módulo de registro nuevos pacientes, camas de hospitalización, la salida del área de internos y el módulo de administración.

Los usuarios y participantes del sistema son:

- **Paciente:** Quien hace uso de las cámaras Raspberry Pi y generará solicitudes de atención.
- **Operador:** Encargado de operar el sistema web, para completar el registro de atenciones generadas por los pacientes, hará uso del módulo para registrar el ingreso de nuevos pacientes, podrá imprimir constancias de atención, registrar quien atendió al paciente y además de una breve descripción definiendo si todo estaba bien o hubo problemas. Además, podrá realizar la búsqueda de solicitudes.
- **Administrador:** Encargado del área de Sistemas o Informática, que tiene acceso a este módulo para verificar a los operadores, tiene un registro de eventos, acceso a la base de datos, creación de nuevos usuarios, generación de reportes y la posibilidad de realizar búsquedas avanzadas.
- **Jefes de Personal Médico/Enfermeras:** Son los que reciben la información de los reportes relacionados a la atención de los pacientes internados, por lo que el formato e información de los reportes debe ser validado por ellos.

VI. RESULTADOS

Como resultados del proyecto se evaluó, el conjunto de señales del sistema.

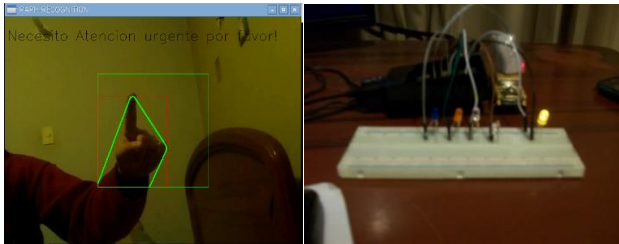


Fig. 9. Funcionalidad de la señal 1

En la Fig. 9 se realiza la señal con un dedo, siendo el mensaje que requiere atención urgente, por lo tanto en el lado de la placa Raspberry Pi se enciende el led amarillo.

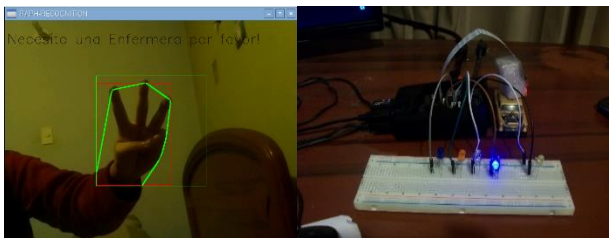


Fig. 10. Funcionalidad de la señal 2

En la Fig. 10 se realiza la señal con tres dedos, requiriendo el paciente la atención de una enfermera, entonces en la placa del Raspberry Pi enciende el led azul.

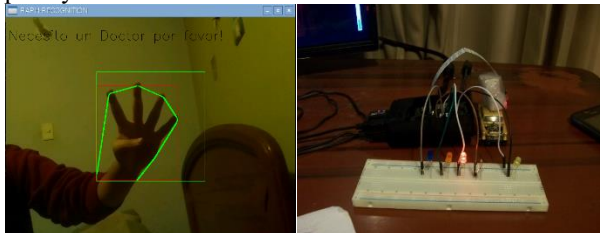


Fig. 11. Funcionalidad de la señal 3

En la Fig. 11, se efectúa la señal con cuatro dedos, el paciente requiere que venga el doctor. Por lo tanto en la placa Raspberry Pi se enciende el led Rojo.

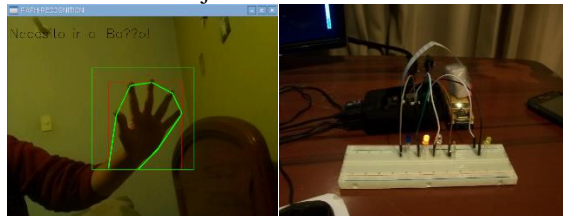


Fig. 12. Funcionalidad de la señal 4

Cuando se realiza la señal con cinco dedos (Ver Fig. 12), el paciente requiere ayuda para ir al baño; la placa Raspberry Pi enciende el led anaranjado.

Además, se añadió un led más para indicar al paciente, que su mensaje se envió correctamente al sistema, ya que se colocó un tiempo de espera de 5 segundos, para que vuelva a cargar el sistema y recién capturar las imágenes de señas que realiza el paciente (Ver Fig. 13).

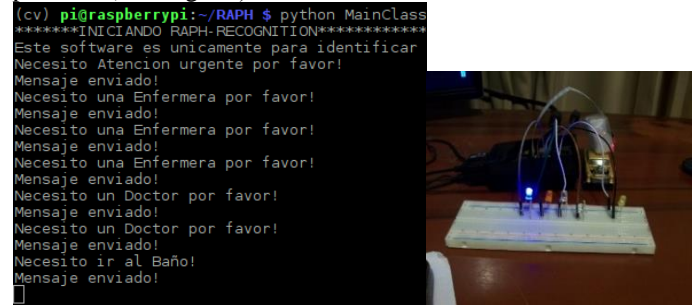


Fig. 13. Funcionalidad de Led de Confirmación

En cuanto al envío de las solicitudes al servidor se debe habilitar el acceso para la recepción a través de las Ip's, permitiendo así insertar las solicitudes en la base de datos (Ver Fig. 14).

Finalmente, se llega a comprobar que el registro de información en la base de datos es correcta y funcional, brindando al operador la opción de marcar cada solicitud como Atendida o No Atendida (Ver Fig. 15).



Fig. 14. Solicitudes generadas desde el Raspberry

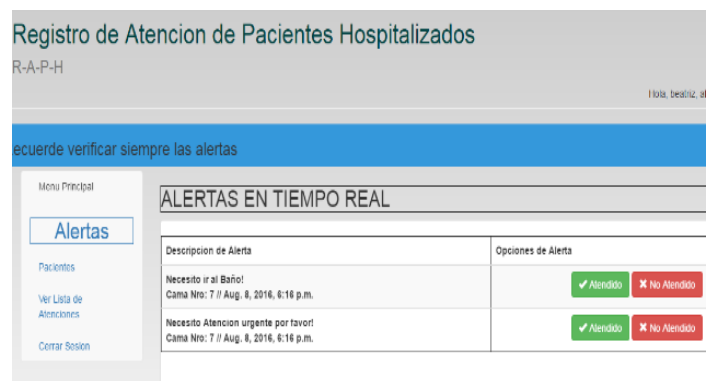


Fig. 15. Solicitudes vistas desde la Plataforma Web

VII. CONCLUSIONES

- El método actual usado (botoneras) en los hospitales de la ciudad de Arequipa, tomando como ejemplo el

Hospital Edmundo Escomel I EsSalud, es útil, pero con el sistema propuesto mejoraría el control de la atención a pacientes hospitalizados.

- El sistema propuesto ha incrementado el nivel de satisfacción de los pacientes internados en el Centro de salud, así como a los médicos, enfermeras y asistentes debido a que tenían un bajo control y demora en las atenciones, con este sistema pueden saber quién y a qué hora se pidió la atención, siendo una gran ayuda para el personal asistencial como a los pacientes.
- Raspberry Pi es una placa aplicable para proyectos que requieren procesar información en forma directa en el dispositivo, con el fin de economizar, facilitar y agilizar la arquitectura del proyecto.
- El uso de OpenCV como biblioteca de Python, es útil para incluir algoritmos de visión computacional a un proyecto, ya que los algoritmos se encuentran implementados, y solo se requiere saber darle alguna aplicación dentro de un proyecto determinado.
- El módulo Cámara Megapíxel del Raspberry Pi, es un componente útil y sencillo de utilizar, cuenta con 5 megapíxeles que son suficientes para el reconocimiento de los dedos de la mano, además de ser un componente compatible para el Raspberry Pi.
- Mediante el encendido de los leds indicadores, los pacientes internados tendrán una forma de comprobar si su solicitud ha sido enviada al personal asistencial por medio de las señales de la mano, sin embargo, se debe capacitar al paciente como funciona el sistema propuesto.

RECONOCIMIENTO

Al hospital Edmundo Escomel I de EsSalud, por permitir realizar encuestas al personal asistencial y conocer la situación actual del hospital, además agradezco el apoyo de la Universidad Católica de Santa María, por brindar los equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Página Oficial del Diario Peru 21 <http://peru21.pe/actualidad/essalud-crisis-hospitales-afecta-millones-peruanos-2171321>. Revisado el 26 de enero del 2017.
- [2] Sutoyo Rhio, Prayoga Bellinda, Fífilia, Suryani Dewi, Shodiq Muhsin, “The Implementation of Hand Detection and Recognition to Help Presentation Processes, International Conference on Computer Science and Computational Intelligence” (ICCSCI 2015), Procedia Computer Science, pages 550 – 558, 2015.
- [3] Paul Viola, Michael J. Jones.” Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features”. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2001, pp. 511-518.

- [4] Shengcai Liao, Xiangxin Zhu, Zhen Lei, Lun Zhang and Stan Z. Li. “Learning Multi-scale Block Local Binary Patterns for Face Recognition”. International Conference on Biometrics (ICB), 2007, pp. 828-837.
- [5] Feipeng Abaya Wilson, Basa Jimmy, Sy Michael, C. Abad Alexander, P Dadios Elmer. “Low cost smart security camera with night vision capability using Raspberry Pi and OpenCV”, IEEE/HNICEM/ISCII 2014, At Hotel Centro, Puerto Prinsesa, Palawan, Philippines, 2014.
- [6] Shapiro, Linda G., Stockman George C., “Computer Vision. Prentice Hall”. ISBN 0-13-030796-3, 2001.
- [7] Suzuki, S. and Abe, K., “Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following”. CVGIP 30 1, pp 32-46, 1985.
- [8] Sklansky, J., “Finding the Convex Hull of a Simple Polygon”. PRL number 1, pp 79-83, 1982.
- [9] Vipul Sharma, Gesture-OpenCV, Github, 2014, Recuperado de: <https://github.com/vipul-sharma20/gesture-opencv>.