INTERNET OF THINGS APPLICATION FOR CARDIAC AND RESPIRATORY MONITORING PATIENTS

APLICACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA EL MONITOREO CARDIACO Y RESPIRATORIO DE PACIENTES

Est. Esnaider Garzón Hernández, PhD. Leonardo Ramírez López, MSc. Gabriel Puerta Aponte.

Universidad Militar Nueva Granada
Facultada de Ingeniería, Ingeniería en telecomunicaciones,
Grupo de investigación TIGUM
Sede calle 100 Bogotá Carrera 11 101 80 | Bogotá – Colombia.
E-mail: {u1401078, tigum}@unimilitar.edu.co

Abstract: This research focuses on designing a monitoring system that makes use of the "Internet of Things" technology for cardiovascular and respiratory diseases focused on the population over 60 years of age, according to the projection that DANE proposed regarding the growth of this population by 2020, will be 13.76% of the total population of Colombia; with the help of the IoT server of the TIGUM research group, the necessary storage and subsequent processing of the information stored there will be available; using sensors, a dialogue will be generated between them that will allow an exchange of information for the subsequent generation of alerts depending on the thresholds of each disease and sensor used, as a result, all the information collected by the sensors, visualization of the data on the server, alerts and graphs for specialized treatment users will be obtained.

Keywords: Alerts, Internet of Things, Sensors, monitoring system.

Resumen: Esta investigación se enfoca en diseñar un sistema de monitoreo que haga uso de la tecnología de Internet de las Cosas, para enfermedades cardiovasculares y respiratorias enfocada a la población mayor de 60 años de edad, según la proyección que planteo la DANE en cuanto al crecimiento de esta población para el 2020, será del 13.76% de la población total de Colombia; al contar con el servidor IoT del grupo de investigación TIGUM, se dispondrá del almacenamiento necesario y posterior procesamiento de la información allí almacenada; haciendo uso de sensores, se generara un dialogo entre ellos que permita un intercambio de información para una posterior generación de alertas dependiendo de los umbrales de cada enfermedad y sensor utilizado, como resultado se obtendrá toda la información recolectada por los sensores, visualización de los datos en el servidor, Alertas y gráficas para los usuarios tratantes especializados.

Palabras clave: Alertas, Internet de las Cosas, Sensores, sistema de monitoreo.

1. INTRODUCION

En Colombia las enfermedades del sistema circulatorio fueron la primera causa de mortalidad en hombres y en mujeres entre 2005 y 2014, las enfermedades isquémicas del corazón produjeron el 49,30% (293.458) de las muertes por enfermedades del sistema circulatorio, pasando de 78,89 a 78,24 muertes por cada 100.000 habitantes, las enfermedades hipertensivas causaron el 10,47% (62.297) de las muertes en este grupo y su comportamiento fue incremental, pasando de 15,48 a 17,77 muertes por cada 100.000 personas durante el periodo, lo cual equivale a tasas ajustadas por edad un 15% más altas y a 2,30 muertes adicionales por cada

100.000 habitantes. Las enfermedades respiratorias entre 2005 y 2014 produjeron el 49,46% (66.346) de las defunciones, y sus tasas ajustadas se redujeron en un 13%, pasando de 18,43 a 16,09; esto en términos absolutos significa una reducción en 2,34 muertes por cada 100.000 habitantes. Persona mayor (mayor de 60 años) las enfermedades no transmisibles fueron la primera causa de atención durante el periodo, generando el 82,13% (94.486.746) de la demanda, para 4.925.313 personas, lo cual representa una razón de 19,18 atenciones por persona (Minsalud, 2016).

Una propuesta realizada en India por el Departamento de Ciencias de la Computación e Ingeniería, consiste en la implementación de un sistema de sensores y microcontroladores que garanticen un seguimiento al paciente y el cual detectara la condición corporal del paciente y enviara estos datos a una base de datos donde dependiendo si la situación es crítica, lanzara una alerta y se asignara una ambulancia con la dirección particular donde se encuentre la persona (Liu & Cui, 2017), otro trabajo muestra el monitoreo de pacientes con ayuda de sensores e internet, los sensores cumplen la funcion de observación para la salud el cual puede realizar un seguimiento de la frecuencia del pulso, la frecuencia cardíaca, la tasa de nivel de presión, la temperatura y demás parámetros que resalten las condiciones del paciente, en el llegado momento donde se detecten cambios abruptos ya sea en la temperatura o los latidos del paciente se alertara a los familiares o incluso a las instalaciones hospitalarias si se requiere atención inmediata (Saha, et al., 2017)

Otra de las propuestas que están tomando gran fuerza es el diseño de red “BSN (Body Sensor Network)” la cual de forma autónoma puede conectarse a varios sensores médicos ya sean implantes o elementos fuera del cuerpo los cuales proporcionaran información que luego será enviada al servidor para su posterior tratamiento ya sea para mejorar las condiciones del ambiente, esta propuesta fomenta flexibilidad de operación y opciones de ahorro de costos tanto para profesionales de la salud como para pacientes (Vippalapalli & Ananthula, 2016)

El departamento de Informática e Ingeniería de la Universidad Nacional del Océano de Taiwán propuso un sistema de alerta temprana, la cual integrando IoT, Big Data y tecnologías de computación en la nube, plantean una recopilación de características que luego de captarla, se almacenara y se le hará una comparación de curvas propuestas con anterioridad con el fin de que el sistema aprenda a validar la información con el fin de hacer una marca entre las personas que podrían estar padeciendo enfermedad de las Arterias Coronarias (CAD) o que se encuentran sanas, esta es un claro avance en el uso del machin lerning ya que siendo la tecnología IoT un sistema de captación de información, el machin lerning nos permitiría darle aprendizaje a este mismo sistema la capacidad de aprender sobre los eventos que resalten de cada enfermedad (Hsu, et al, 2016).

Los dispositivos que hoy en día son utilizados por la gran mayoría de doctores en el mundo, se están viendo limitados por varios temas como por ejemplo, el proceso que le puede dar a las señales captadas debido a interferencias de la línea de alta tensión y la deambulación de la línea base o movimientos que puedan llevar a degradar la calidad de la señal, creando errores que podrían ser vitales en un futuro para el tratamiento del paciente, este error en concreto junto con otros, pueden ser solucionados con la implementación IOT ya que la tecnología con la que se lleva a cabo este desarrollo permite se logre una comunicación e interconexión más rápida y se espera que las redes de dispositivos basados en IoT no solo mejoren la detección y prevención de enfermedades, sino que también reduzcan los costos médicos, aumenten la calidad de vida y mejoren la experiencia de los pacientes con el uso de estos dispositivos (Khairuddin, et al., 2017).

Uno de los más grandes problemas de realizar un monitoreo fuera de los hospitales es la poder garantizarle al paciente y al estado que se están cumpliendo los mejores estándares de calidad y que se está siguiendo a normativa para poder presentar el servicio de monitoreo domiciliario, para esto el Ministerio de la Protección Social establece distintos estándares y parámetros para poder realizar este proceso, por otra parte se encuentra la aceptación de los pacientes, debido a que se encuentra dirigido a personas mayores de edad, se encuentra dentro de las posibilidad es el que la persona no acepte hacer uso de los sensores para su monitoreo estas dos causales son las que determinan un reto para estos desarrollos de monitoreo.

2. MATERIALES Y MÉTODO

2.1 Materiales: Hardware

- Plataforma MySignals®

Este dispositivo hace uso de un Arduino Adafruit y por medio de multiplexación de pines análogos y digitales, se logran conectar todos los externos sensores disponibles y pre-procesados. MySignals hace uso de un módulo wifi “ESP-WROOM-02” que establece conexión TCP, con el servidor de Libelium (Libelium, 2017).

- Sensor de flujo de aire (AirFlow):

Este sensor mide la frecuencia respiratoria en un paciente por medio de un conjunto de dos dientes que se colocan en las fosas nasales y el cual se ajusta con un hilo flexible detrás de las orejas; esta cánula o soporte permite que el sensor termopar se coloque en la posición óptima para detectar con precisión los cambios en el flujo de aire térmico oral / nasal (Libelium, 2017).

Permite una medición de hasta 60 picos por minuto (0-60 ppm) con una intensidad respiratoria de rango 0 - 3,3V.

Llevando el monitoreo de los cambios en la frecuencia respiratoria podremos saber el estado actual del paciente, con los que en llegado caso estaremos en condiciones de proporcionar una advertencia temprana a cualquier evento que pueda ocurrir.

- Tarjeta de programación Arduino UNO:

Arduino es una placa de microcontrolador basada en ATmega328, ver figura 1, tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, reguladores de tensión, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio, la alimentación va por medio de la conexión a una computadora con un cable USB o con un adaptador de CA a CC (Farnell, 2010).

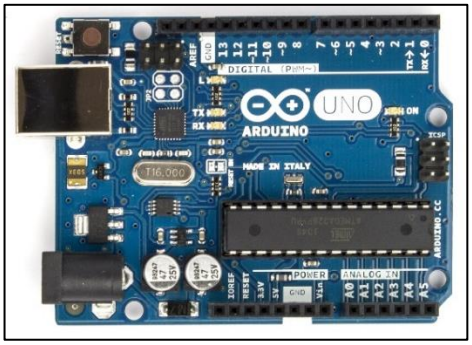


Fig. 1. Placa Arduino Uno (Farnell, 2010).

- Modulo Wifi esp8266:

Es un chip de bajo coste con pila TCP/IP y capacidad de MCU (Micro Controller Unit), utiliza comandos de tipo Hayes y es producida por el fabricante chino Espressif Systems, ver figura 2, cumple con las siguientes especificaciones: (Espressif, 2018).

- 802.11 b / g / n
- Fast Sleep / Wake cambio de contexto
- Adaptativo de desviación de radio
- Procesamiento de la señal anticipada
- Bajo consumo de energía integrado de 32 bits MCU
- Protocolos integrados TCP / IP
- TR switch integrado, Balun, LNA, Amplificador y Adaptador
- PLL integrado, reguladores y unidad de administración de energía
- Compatible con los protocolos de seguridad WPA / WPA2
- Soporta modos de operación de la estación/SoftAP/Estación + SoftAP
- Soporta protocolo TCP y el Protocolo de UDP
- Compatible con Wi-Fi Protected Setup (WPS)
- Soporta red de malla
- Soporta la función de enlace inteligente para Android y iOS
- Apoya el desarrollo del servidor de la nube
- Desarrollo de firmware personalizado a través del SDK
- Descargar y escribir firmware a través de acogida
- Configuración de usuario a través del conjunto de instrucciones AT
- Servidor de la nube y Android / iOS
- Certificación CE y TELEC

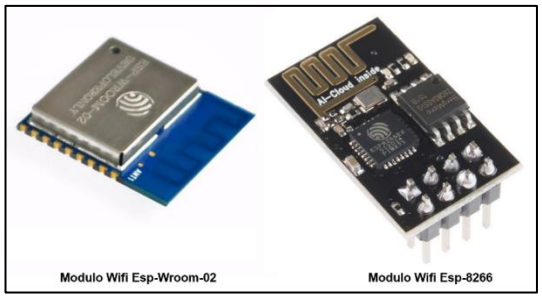


Fig. 2. Módulos de Wifi (Víctor Ventura, 2016).

2.2 Materiales: Software

Servidor Hub-IoT del grupo de investigación TIGUM, Características del servidor:

Tabla 1. Características del servidor.

Computadora	
Versión	4.4.4OVM
width	64 bits
Capacidades	smbios-2.4 dmi-2.4 smp vsyscall32
Core	
Descripción	Motherboard
Firmware	
Versión	4.4.4OVM
size	96KiB
Capacidades	pci edd
Memoria	
Descripción	System Memory
size	8GiB
Capacidades	Ecc
Oracle linux	Tigum.umng.edu.co
CPU 0	
Producto	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2690 v4 @ 2.60GHz

Funciones de CPU: fpu fpu_exception wp vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush mmx fxsr sse sse2 ht syscall nx pdpe1gb rdtscp x86-64

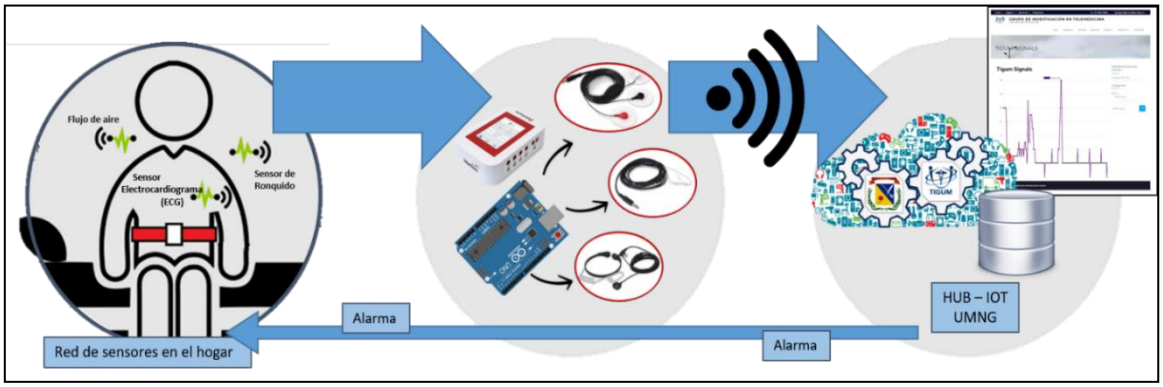


Fig. 3. Sistema de monitoreo con implementación IoT dentro del HUB-IOT de la U. Militar.

constant_tsc rep_good nopl eagerfpu pni pclmulqdq ssse3 fma cx16 pcid sse4_1 sse4_2 x2apic movbe popcnt tsc_deadline_timer aes xsave avx f16c rdrand hypervisor lahf_lm abm 3dnowprefetch invpcid_single pti fsgsbase tsc_adjust bmi1 hle avx2 smep bmi2 erms invpcid rtm xsaveopt

Tabla 2: Características de las CPU del servidor.

	DESCRIP	BUS INFO	SLOT	SIZE	CAPACITY
cpu:0	CPU	cpu@0	CPU 1	2594 MHz	2594 MHz
cpu:1	CPU	cpu@1	CPU 2	2594 MHz	2594 MHz
cpu:2	CPU	cpu@2	CPU 3	2594 MHz	2594 MHz
cpu:3	CPU	cpu@3	CPU 4	2594 MHz	2594 MHz

Los indicadores que se encuentra en las funciones de CPU se enumeran en el mismo orden que el código fuente que posee el servidor, esta lista de funciones actual es de Linux 4.15 (Gilles, 2018).

2.3 Método

Este trabajo sigue una metodología descriptiva ya que es necesario realizar la definición, clasificación y caracterización del sistema de monitoreo adecuado para realizar el servicio de monitoreo y control de pacientes, se tuvieron en cuenta casos de estudios similares para tener de base y poder realizar la implementación de la investigación; posterior mente se implementa una metodología experimental, ver figura 3, con la que se podrá manipular la información de código abierto de las librerías disponibles para re diseñar la conexión con el servidor de TIGUM y poder tener el control de los datos, como paso final manteniendo este método se realizará la implementación de las alarmas correspondientes para cada señal de los sensores escogidos.

3. DESARROLLO

A continuación, se evidenciará el trabajo realizado e implementado durante la investigación del proyecto, se detallará el sistema de monitoreo propuesto y las evidencias cubrirán la manipulación de códigos abiertos para la adaptación y conexión al servidor junto con las gráficas realizadas de los sensores utilizados.

3.1 Sistema de monitoreo

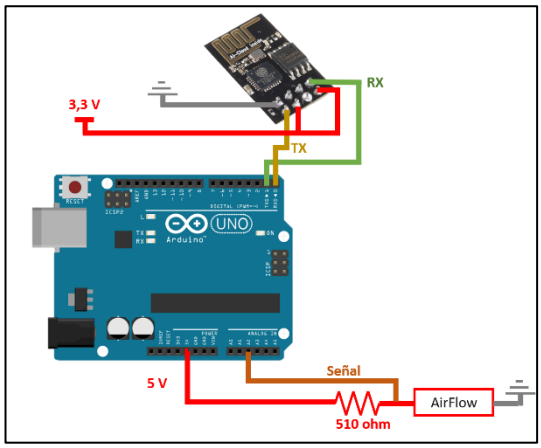


Fig. 4. Sistema de monitoreo.

Haciendo uso de la placa Arduino junto con las librerías de código abierto que utiliza el dispositivo MySignals y el módulo de wifi, se diseñó el modelo que se expone en la figura 4, siguiendo el recorrido que se plantea en la figura, al hacer uso el Arduino se reunirá toda la información de los sensores y posteriormente se dirigiría al servidor del grupo de investigación TIGUM.

Una vez que el servidor de TIGUM se encuentre acoplado con el dispositivo Arduino, se realizaran las gráficas correspondientes de la información, ver figura 3, dependiendo de los datos se realizara la comunicación entre los sensores, dando paso a la tecnología IoT, dependiendo de los datos recibidos, se fijaran unos márgenes para el sistema dando a si un monitoreo de que cumpla el margen establecido, en el momento de que los datos superen el margen el sistema estará en la capacidad de generar una alerta.

3.2 Hub-IoT

La publicación de los datos se realizó por medio de wifi, haciendo uso del tipo de publicación GET, este se envía desde el módulo de wifi asociando una URI HTTP seguido de un '?', posteriormente se agrega el conjunto de datos del formulario:

- Variable
- valor de la variable
- Nombre del host

Esta forma de publicación restringe los datos del formulario a códigos ASCII, al realizarlo de esta forma el HUB recibirá la información necesaria para realizar las gráficas.

La conexión sigue una configuración TCP, con el fin de asegurar que los paquetes lleguen de forma ordenada y segura, siendo esta función de conexión unas de las más favorables ya que al tratarse de información vital es necesario que la información llegue de la mejor manera al servidor y así el sistema tome la decisión correcta dependiendo de lo que se vaya almacenando en HUB-IOT. Continuación de evidencia el String de envió de una de las variables.

GET /tigum/tigum-iot/test2.php?Proyecto=20171122&Sensor=P0001&Variable=FlujoA&Valor=Airefinal HTTP/1.1\r\nHost: tigum.umng.edu.co\r\n\r\n

El conjunto de caracteres anterior se observa como la se envía el dato final marcado en *rojo*, primero debe ir el nombre de la variable, seguido del valor, por último, se coloca el servidor definido, de esta forma es como se enviarán los datos de los sensores.

Él envió de los datos se realizará cada 30 segundos, esto se realizará en un principio para evitar la saturación del servidor con información innecesaria, al tratarse de una investigación en una primera fase.

La configuración de la red wifi, se llevó acabo con los comandos utilizados se exponen a continuación.

Líneas de conexión a la red wifi:

```
//Change here your WIFI_SSID and WIFI_PASSWORD
if (sendATcommand("AT+CWJAP=\"UMNG-PUB-CLL100\",\"\"", "OK", 20000))
{
MySignals.println("Connected!");
```

En la figura 5 se puede observar el flujo del programa diseñado, se resaltan 3 etapas las cuales son las de conexión wifi como **A**, conexión al servidor **B** y confirmación y cierre **C**, los demás procesos realizados serán los que den fluidez al ciclo si se llega a producir algún error de conexión durante la secuencia.

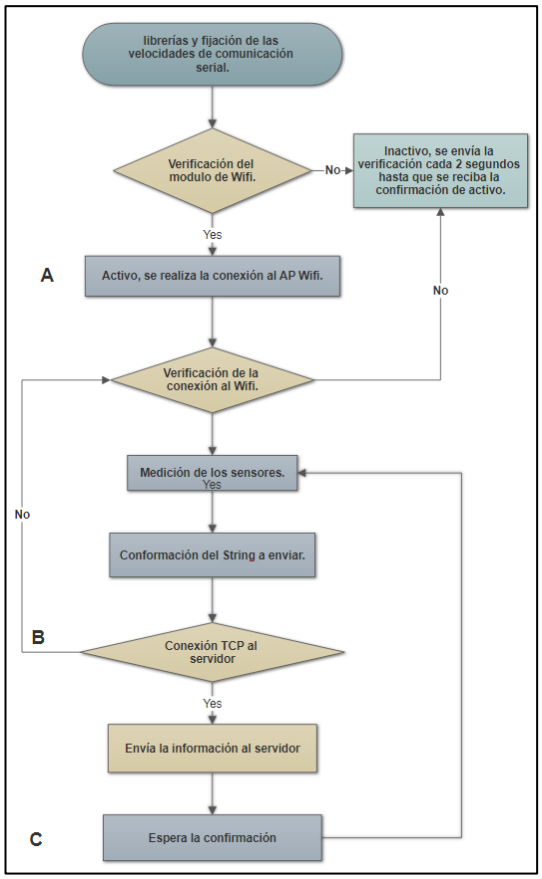


Fig. 5. Diagrama de flujo del programa implementado.

En el momento que se recibe la confirmación de conexión a la red wifi, según el diagrama de la figura 5, parte A, se realiza la medición con los sensores, esta información se almacena en la variable final, para poder realizar él envió se configura la conexión TCP al servidor haciendo uso del código que se muestra a continuación:

Siendo la conexión al servidor lo que se encuentra resaltado en *rojo*.

```
void loop()
{
temperaturafinal=medir(1);
String post="GET /tigum/tigum-iot/test2.php?Proyecto=20171122&Sensor=P0001&Variable=Temperatura&Valor=";
post=post+temperaturafinal+"
HTTP/1.1\r\nHost: tigum.umng.edu.co\r\n\r\n";
String paquete="AT+CIPSEND=138";
if (sendATcommand
("AT+CIPSTART=\"TCP\",\"tigum.umng.edu.co\",80", "", 20000))
{
MySignals.println("conexión TCP preparada");
sendATcommand(paquete,"",20000);
delay(500);
sendATcommand(post,"",20000);
sendATcommand("AT+CIPCLOSE","OK",20000);
}
```

Este código permite realizar la conexión al servidor, lo resaltado en *verde* abre la conexión con el tamaño de paquete que se va a enviar, que en el caso es de 138 pero esto variara dependiendo de la cantidad de valores que se fueran a enviar, es de destacar que este valor de 138 corresponde al número de caracteres que se encuentra en el *String* de envió, dentro de este paquete se encuentra el dato obtenido por el sensor junto con la dirección donde se va alojar la información en el servidor, la transmisión de la información se realiza por envió de segmentos de paquetes de 8 bits y posterior a esto al recibir la respuesta del servidor, ver figura 6, se realiza el cierre de la comunicación por medio del comando resaltado en *amarillo*. Cabe resaltar del código expuesto, la conexión es cerrada una vez que el servidor envía la confirmación que recibió la cantidad de bytes con la que se abrió la conexión. Este proceso es repetitivo, cada 30 segundos se toma información nueva y es enviada al servidor.

```
OK
conexión TCP preparada
AT+CIPSEND=126
Enviando...
GET tigum/tigum-iot/test2.php?Proyecto=20171123&Sensor=P0001&Variable=Temperatura&Valor=23.00HTTP/1.1
Host: tigum.umng.edu

.umng.edu
busy s...

Recv 126 bytes

SEND OK
AT + CIPCLOSE
```

Fig. 6. Cierre de la conexión una vez se confirma que llego al servidor.

4. RESULTADOS

La información desde la base de datos que maneja este servidor la cual es Phpmadmin comienza a llenar los formatos para realizar las gráficas correspondientes, en la figura 7 se observa la gráfica resultante de los datos entrantes en el servidor de TIGUM.

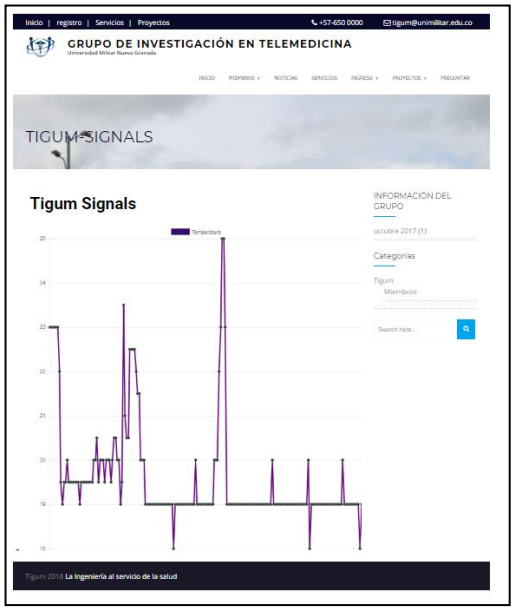


Fig. 7. Publicación y muestra de la información en el servidor.

Con la información que está llegando al servidor se realiza la comunicación dependiendo de los márgenes, estos se fijan por un especialista medico experto en el tema con el fin que dependiendo de los datos que lleguen al servidor se genere la alarma correspondiente para realizar el aviso a los familiares o al doctor tratante como una emergencia.

Esta investigación tuvo en cuenta todos los estándares y normativas propuestos por el ministerio de la Protección Social, Dirección General de Promoción Social - Dirección General de Calidad de Servicios, con el fin de realizar un trabajo que cumpla con los más altos estándares de calidad y competitividad en el mercado para poder brindar la mejor atención domiciliaria cumpliendo las respectivas jurisdicciones establecidas lineamientos técnicos y en la reglamentación que para el efecto expida el Ministerio de la Protección Social.

5. RECONOCIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Militar Nueva Granada por el financiamiento del proyecto de investigación IMP-INV-2660, en el que Esnaider Garzón es Auxiliar de Investigación y Gabriel Puerta es Asistente Graduado.

6. CONCLUSIONES

Los sistemas de monitoreo son una clara oportunidad de un servicio que aún no tiene mucha fuerza en nuestro país, con este tipo de investigaciones se abren las puertas a un sin límite de aplicaciones posibles que hacen que la calidad de vida de una persona mayor sea mejor que los costos no sean tan altos.

La atención domiciliaria haciendo uso de este tipo de tecnologías ayuda a realizar una optimización de recursos dentro de los hospitales, permitiendo que las personas estén siendo monitoreas en sus casas sean atendidas justo cuando sea necesario, con el avance que se está dando en la tecnología, hace que cada vez las mediciones con los sensores sean más precisas, permitiendo tener un diagnostico esencial para poder tomar una dación correcta en cuanto a la medicación del paciente.

La aceptación del producto, al estar enfocado a personas mayores de edad se debe realizar de una forma acogedora debido a la falta de familiarización que poseen este grupo de personas con la tecnología.

REFERENCIAS

Hsu, S.-J., Lin, S.-S., & Pai, T.-W. (2016). Proactive healthcare and an early warning

mechanism for coronary artery disease patients using Internet-of-Thing devices. *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*.

Khairuddin, A. M., Ku Azir, K. N. F., & Kan, P. E. (2017). Limitations and future of electrocardiography devices: A review and the perspective from the Internet of Things. *2017 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/ICRIIS.2017.8002506

Liu, Y., & Cui, J. (2017). Design and Implementation of Human Health Monitoring Platform Based on Internet of Things Technology. *22017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, 422–425. https://doi.org/10.1109/CSE-EUC.2017.266

Saha, H. N., Neha Firdaush Raun, & Maitrayee Saha. (2017). Monitoring Patient ' s Health with Smart Ambulance system using Internet of Things (IOTs), 91–95.

Vippalapalli, V., & Ananthula, S. (2016). Internet of things (IoT) based smart health care system. *International Conference on Signal Processing*, 1229–1233.

SITIOS WEB

Dirección de Epidemiología y Demografía (2016), *Análisis De Situación De Salud (Asis) Colombia*, Minsalud. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-colombia-2016.pdf. (25 de abril 2018)

Libelium Comunicaciones Distribuidas. (2017), *MySignals SW eHealth and Medical IoT Technical Guide, v2.5* - Libelium. https://www.cooking-hacks.com/mysignals-hw-ehealth-medical-biometric-iot-platform-arduino-tutorial/

Farnell, (2010). *Datasheet Arduino Uno*. https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf.

Espressif (2018), *ESP8266EX Datasheet*, Espressif products. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf.

Víctor Ventura (2016), *ESP8266 ¿Qué módulo elegir?* https://polaridad.es/esp8266-modulo-wifi-elegir-caracteristicas/

Gilles (2018), *What do the flags in /proc/cpuinfo mean?*, Unix and Linux. https://unix.stackexchange.com/questions/43539/what-do-the-flags-in-proc-cpuinfo-mean