

APLICACIÓN PARA EL REGISTRO Y VISUALIZACIÓN DE INDICADORES MÉDICOS DE USO PERSONAL

APPLICATION FOR REGISTRATION AND DISPLAY OF MEDICAL INDICATORS FOR PERSONAL USE

Antonio García Rojas

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
LIS17110496@irapuato.tecnm.mx

Andrea Maldonado Cruz

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
LIS17111541@irapuato.tecnm.mx

Carlos Federico Hernández Farfán

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
carlos.hf@irapuato.tecnm.mx

Recepción: 5/diciembre/2022

Aceptación: 26/diciembre/2022

Resumen

En el siguiente trabajo se presenta una aplicación para el registro y visualización de indicadores médicos. Se buscó que la implementación se realizara en un equipo de bajo costo y empleando software libre. El sistema está basado en el desarrollo de interfaces para el registro de indicadores médicos en una base de datos y la visualización de los indicadores mediante gráficas. En cada interfaz de la aplicación es posible registrar un cierto conjunto de indicadores, por ejemplo, indicadores generales (edad, peso, estatura, presión arterial, etc.), indicadores relacionados a análisis clínicos, registro del consumo de alimentos, registro de indicadores de actividad física, registro de indicadores relacionados al estilo de vida y registro de citas médicas. En total en la aplicación se implementó el registro de 60 indicadores médicos y se probó en dos tipos de computadoras de bajo costo, en una computadora Raspberry Pi y en una computadora portátil.

Palabras Claves: Digital health, MariaDB, Raspberry Pi.

Abstract

In the following paper, an application for the registration and visualization of medical indicators for personal use is presented. It was sought that the

implementation of the application be carried out in a low-cost equipment and using free software. The system is based on the development of interfaces for the registration of medical indicators in a database and the visualization of the indicators through graphs. In each interface of the application it is possible to register a certain set of indicators, for example, general indicators (age, weight, height, blood pressure, etc.), indicators related to clinical analysis, food consumption registration, registration of physical activity, record of indicators related to lifestyle and record of medical appointments. In total, the application implemented the registration of 60 medical indicators and it was tested on two types of low-cost computers, on a Raspberry Pi computer and on a laptop.

Keywords: Digital health, MariaDB, Raspberry Pi.

1. Introducción

De acuerdo con los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI; en los últimos años y hasta el año 2019, las tres principales causas de muerte en México fueron las enfermedades del corazón, la diabetes mellitus y los tumores malignos, [INEGI, 2020]. A partir del año 2020, la enfermedad del COVID-19 se posiciona dentro de las tres principales causas de muerte en México, junto con las enfermedades cardíacas y la diabetes mellitus, [INEGI, 2021]. En la tabla 1, se muestran las tres principales causas de muerte en México de los últimos tres años y el primer semestre del año 2021, también se muestra el porcentaje correspondiente al total de cada causa de muerte.

Tabla 1 Principales causas de muerte en México.

Año	Causa de muerte
Enero – junio 2021	1. COVID-19 - 25 % 2. Enfermedades cardíacas - 19.7% 3. Diabetes Mellitus - 12.8%
2020	1. Enfermedades cardíacas - 20.2% 2. COVID-19 - 18.5% 3. Diabetes Mellitus - 13.9%
2019	1. Enfermedades cardíacas - 23.5% 2. Diabetes Mellitus - 15.7% 3. Cáncer - 15.4%
2018	1. Enfermedades cardíacas - 20.7% 2. Diabetes Mellitus - 14% 3. Cáncer - 11.9%

Para las enfermedades causantes de las tres principales causas de muerte en México, se pueden identificar factores de riesgo relacionados con la alimentación, la actividad física y el estilo de vida, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, OMS, [OMS, 2021]. Estos factores de riesgo también son identificados en algunos estudios en México como se muestra en [Piña, 2015] y en [Cerecero, 2009]. Se puede observar que dichos factores dependen en gran medida del propio cuidado y estilo de vida de las personas.

Por otra parte, el desarrollo tecnológico en el campo de la electrónica y la computación ha permitido el desarrollo de infraestructura en apoyo al cuidado de la salud. Uno de los desarrollos más robustos en el campo del estudio de indicadores para el autocuidado de la salud y de apoyo para el diagnóstico médico, es el realizado por el Dr. Larry Smarr. El cual inició con el registro de signos vitales y algunas decenas de indicadores, hasta llegar al registro de millones de datos del cuerpo humano de una sola persona, apoyado en el uso de supercómputo y técnicas avanzadas de computación, [Smarr, 2014].

Continuando con la revisión bibliográfica, en el trabajo de [Riazul, 2015], se muestran aplicaciones de las tecnologías de información y comunicaciones en el campo del cuidado de la salud, conocido como digital health. Se muestran aplicaciones en problemas pediátricos, geriátricos y del cuidado de enfermedades crónicas y se destaca también, la importancia del monitoreo de signos vitales e indicadores del estado de la salud. En otros trabajos como el de [Gómez, 2014], se implementó un sistema basado en una aplicación móvil para el monitoreo básico de pacientes con enfermedades crónicas como diabetes mellitus y enfermedad cardíaca. En el trabajo de [Vega, 2019], se implementó un sistema de monitoreo de signos vitales, tales como presión arterial, ritmo cardíaco, temperatura, frecuencia respiratoria, basado en el uso de sensores y una aplicación móvil para generar alertas médicas en caso de detectar un valor por encima del rango normal. En otros trabajos, como el de [Álvarez, 2017] y [Tarazona, 2020], se implementaron sistemas basados en el internet de las cosas con el objetivo de monitorear signos vitales para la prevención de enfermedades crónicas y para el apoyo de estilos de vida saludables.

Finalmente, dentro de la revisión bibliográfica relacionada con el uso de computadora de bajo costo. En el trabajo de [Ganesh, 2019], se realizó la implementación de un sistema de monitoreo de salud empleando la computadora Raspberry Pi y el internet de las cosas. [Sánchez, 2021], muestra el uso de Raspberry Pi® como servidor web, para implementar una aplicación para el manejo documentos.

Considerando la situación problemática indicada al inicio de esta sección y la revisión bibliográfica, surge la intención de contar con una aplicación de software para el autocuidado de la salud, instalada en un equipo de bajo costo y empleando software libre. El sistema está basado en el uso de interfaces para el registro en una base de datos de indicadores del cuidado preventivo de la salud y su visualización mediante gráficas, que permita a las personas interesadas tomar mayor conciencia de la prevención de enfermedades.

2. Métodos

La metodología para el desarrollo de este proyecto consistió en cuatro etapas. Una etapa de planeación del sistema, una etapa de diseño de interfaces, diseño de gráficas y base de datos, una etapa de desarrollo de interfaces y una etapa de pruebas del sistema.

Dentro de la planeación, se estableció emplear un equipo de cómputo de bajo costo, así como el uso de software libre. En este caso, el sistema se basó en el uso de la computadora de bajo costo Raspberry Pi®, programación en lenguaje Python 3 y el uso de la base de datos MariaDB 10.3.27. El sistema también se implementó en una computadora portátil laptop Acer Aspire one D270 de 2 GB de memoria RAM y un procesador a 1.6 GHz.

Se empleó una computadora Raspberry Pi® 4 Model B, que cuenta con un procesador ARM a 1.5 GHz Quad Core, una memoria RAM de 4 GB, así como puertos HDMI, USB, Ethernet, Wifi, Bluetooth, GPIO, CSI, DSI y auxiliar de 3.5 mm. Se empleó el sistema operativo Raspberry Pi OS, que es una distribución de Linux basada en Debian, instalado en una tarjeta de memoria microSD, [Raspberry Pi, 2022].

La conexión con la computadora Raspberry Pi®, se realizó mediante el puerto HDMI para la conexión de una pantalla de tv o monitor, mediante los puertos USB para la conexión de un teclado y un mouse; y el puerto Ethernet o WiFi para la conexión de red.

Dentro de la planeación se estableció que el sistema funcionara de manera local y que contara con una interfaz con conexión a una base de datos para el registro y visualización gráfica de indicadores del cuidado de la salud.

El siguiente punto de la planeación consistió en determinar las diferentes ventanas o interfaces del sistema. De esta manera, se consideraron un total de siete interfaces las cuales se identificaron de la siguiente manera:

- Interfaz para el registro de indicadores generales para el cuidado de la salud.
- Interfaz para el registro de análisis clínicos.
- Interfaz para el registro de hábitos alimenticios y desarrollo de una aplicación móvil de apoyo para el registro del consumo de alimentos.
- Interfaz para el registro de actividad física.
- Interfaz para el registro del estilo de vida.
- Interfaz para seguimiento de citas con diferentes médicos especialistas.
- Interfaz para la visualización gráfica de los indicadores.

En cada interfaz, se debe permitir realizar el registro de indicadores, por ejemplo, en la interfaz para el registro de datos generales, es posible realizar el registro en la base de datos de la edad, sexo, peso, estatura, circunferencia de cintura, presión arterial, pulsaciones por minuto, porcentaje de oxigenación, temperatura, porcentaje de músculo y grasa. También se determinó que en cada interfaz se permita agregar indicadores de interés para el usuario y visualizar la información registrada mediante gráficas o generar notificaciones de citas con médicos especialistas.

En la etapa de diseño se determinó la apariencia visual de las interfaces y de las gráficas mostradas en el sistema, así como el tamaño de las ventanas, distribución, color, tipo de letra de los textos en las ventanas; así como la ubicación de cuadros de texto y botones. En la figura 1, se muestra el diagrama de flujo de la aplicación de acuerdo a la planeación y diseño mencionados en los párrafos anteriores.

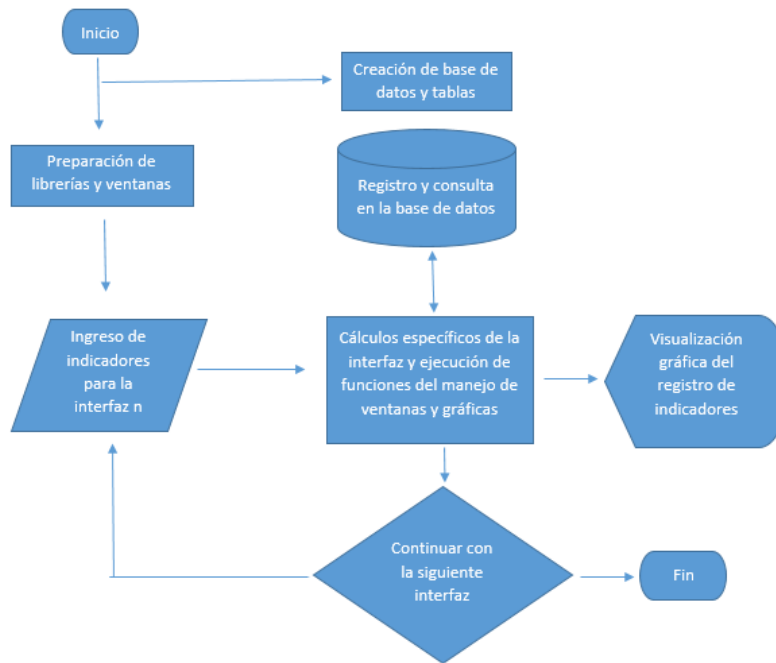


Figura 1 Diagrama de flujo de la aplicación.

La etapa de pruebas consistió en implementar el sistema en las computadoras de bajo costo, y en cada una realizar el registro de los diferentes indicadores requeridos en cada interfaz y su verificación respectiva en la base de datos. Una vez almacenados los datos, se verificó la correcta representación de los datos por medio de gráficas. También se probó el funcionamiento del sistema para agregar un nuevo indicador de interés del usuario en alguna de las interfaces, así como su creación, edición y registro en la base de datos.

3. Resultados

Como resultado de este proyecto se obtuvo un sistema para el registro y visualización gráfica de indicadores médicos. El sistema se instaló de forma local en una computadora de bajo costo Raspberry Pi® y en una computadora portátil. El sistema funciona mediante el uso de siete interfaces y una aplicación móvil de apoyo para el registro de indicadores. En la figura 2, se muestra la ejecución del sistema con una interfaz para el registro de datos y sus respectivas gráficas.

De acuerdo a las especificaciones mencionadas en la etapa de planeación, se realizaron diferentes interfaces. En la figura 3, se muestra la interfaz para el registro

de datos generales, en la que se puede observar los campos requeridos para el registro de los datos; así como los botones para generar gráficas o agregar un nuevo indicador de interés del usuario.

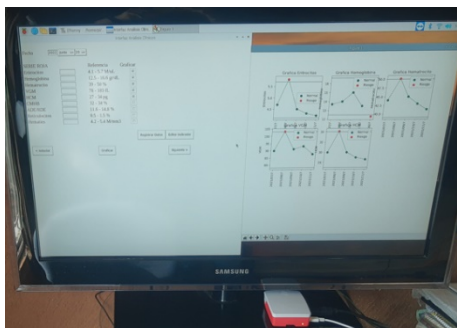


Figura 2 Sistema para el registro de indicadores y su respectiva gráfica.

A screenshot of a web form titled 'Interfaz Datos Generales'. The form contains several input fields for personal and medical data: 'Fecha' (set to 2022, noviembre, 28), 'Edad', 'Peso', 'Estatura', 'Cintura', 'Presión Arterial Sistólica', 'Presión Arterial Diastólica', 'Pulsaciones por minuto', 'Oxigenación', 'Temperatura', '% de Músculo', and '% de Grasa'. There are also radio buttons for 'Género' (Masculino and Femenino). At the bottom of the form, there are four buttons: 'Registrar Datos', 'Editar indicador', 'Graficar', and 'Siguiente >'. The form is styled with a light blue border and standard web form elements.

Figura 3 Interfaz para el registro de indicadores generales.

Debido a la gran variedad y cantidad de indicadores, en la interfaz se permite la opción de agregar un nuevo indicador de interés del usuario para su registro y visualización. Por ejemplo, en la interfaz del registro de indicadores generales, se puede agregar un dato nuevo denominado Glucosa.

En la figura 4, se muestra la segunda interfaz, empleada para el registro y visualización de indicadores relacionados al estudio de un análisis general de laboratorio. La interfaz permite el registro de diferentes datos de interés para el usuario y los cuales deben ser interpretados por un médico. Se incluye un rango de valores de referencia para cada indicador y la opción de generar una gráfica de los registros en particular.

SERIE ROJA	Referencia	Graficar
Eritrocitos	4.1 - 5.7 M/uL	<input checked="" type="checkbox"/>
Hemoglobina	12.5 - 16.6 gr/dL	<input checked="" type="checkbox"/>
Hematrocito	39 - 50 %	<input type="checkbox"/>
VGM	78 - 103 fL	<input checked="" type="checkbox"/>
HCM	27 - 34 pg	<input type="checkbox"/>
CMHB	32 - 34 %	<input type="checkbox"/>
ADE/RDE	11.6 - 14.8 %	<input type="checkbox"/>
Reticulocitos	0.5 - 1.5 %	<input checked="" type="checkbox"/>
Hematies	4.2 - 5.4 M/mm3	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4 Interfaz para el registro de análisis general de laboratorio.

En la figura 5, se muestra el resultado de las gráficas generadas por el sistema de acuerdo con los valores registrados de cada indicador del análisis clínico de laboratorio.

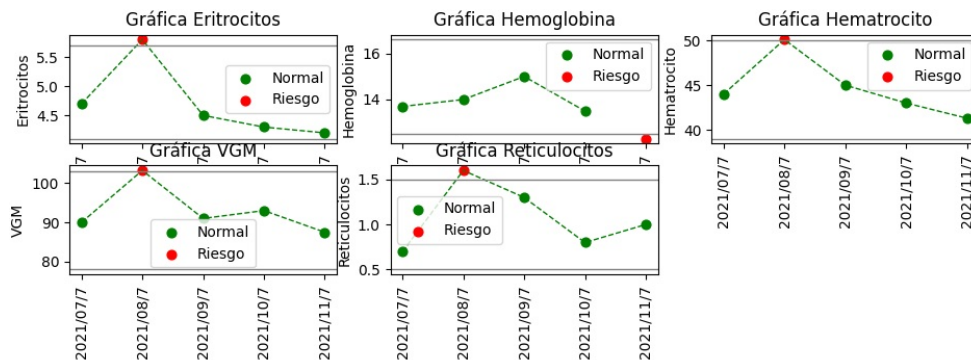


Figura 5 Gráfica de indicadores relacionados a análisis clínicos.

Dentro de los factores importantes para el cuidado preventivo de la salud, se encuentran los hábitos alimenticios, por lo que la siguiente interfaz creada es para realizar el registro del consumo de alimentos. El registro de esta interfaz puede servir de apoyo en la consulta clínica con el especialista en nutrición. En la figura 6, se muestra la interfaz para el registro del consumo de alimentos. La interfaz le permite al usuario registrar platillos que habitualmente consume durante el día y realizar un cálculo aproximado de la cantidad de calorías consumidas y nutrientes principales. También se desarrolló una aplicación móvil para facilitar el registro de alimentos.

The image shows a web form for recording food intake. At the top, there is a date selection area with 'Año' (Year) set to 'Enero' (January) and '1'. Below this are five meal categories, each with a dropdown menu: 'DESAYUNO:' (Cereal con leche y azúcar), 'ALMUERZO:' (Burritos), 'COMIDA:' (Tinga), 'MERIENDA:' (Papas a la francesa), and 'CENA:' (Tamales). To the right of the 'MERIENDA:' dropdown are two buttons: 'Registrar Datos' and 'Añadir Platillo'. Below the 'CENA:' dropdown is a 'Calcular' button. At the bottom left is a '< Anterior' button, and at the bottom right is a 'Siguiente >' button.

Figura 6 Interfaz para el registro del consumo de alimentos.

Para los indicadores de actividad física, se utilizó una interfaz en la que se registra el tipo de ejercicio, ya sea moderado (caminar, trotar, bailar, pasear en bicicleta o labores cotidianas), o de alta intensidad (correr, practicar fútbol, basquetbol, natación, ciclismo, pesas, tae kwon do). En base al registro de la cantidad de tiempo y tipo de actividad realizada por semana, se compara y se muestra gráficamente si se encuentra dentro del rango recomendado por la Organización Mundial de la Salud. En el sistema también se incluye una interfaz para el registro de indicadores relacionados al estilo de vida; como, por ejemplo, la cantidad de horas de sueño, tiempo para recuperación de rutinas de ejercicio, hábitos de consumo de tabaco o alcohol, y percepción del estrés. También es posible registrar hábitos de recreación y convivencia. La última interfaz del sistema está destinada para el registro y seguimiento de citas médicas o con algún especialista. De igual manera que las interfaces anteriores es posible añadir un campo para el registro de las citas con un nuevo especialista. En la figura 7, se muestra la interfaz para el registro y seguimiento de citas. En este sistema se realizó el registro de 60 indicadores, se generaron 16 gráficas y de manera adicional se realizó la implementación del sistema en una computadora portátil de pocos recursos.

4. Discusión

En este sistema se implementó el registro de algunas decenas de indicadores para el autocuidado de la salud y su visualización gráfica empleando equipo de cómputo de bajo costo. En comparación con el sistema de [Smarr, 2014], el cual se

consideró como el más robusto que se consultó en la revisión bibliográfica, realiza el registro de millones de indicadores y emplea equipo de cómputo de alto desempeño; sin embargo, el sistema mencionado también se inició con el registro de decenas de indicadores hasta llegar a millones.

	Agendar (dd/mm/aaaa)	Notificar (dd/mm/aaaa)
Médico General	0	0
Análisis de Laboratorio	0	0
Nutriólogo	8/12/2022	8/12/2022
Cardiólogo	0	0
Evaluación Físico-Atlética	0	0
Dentista	0	0
Oculista	0	0
Vacunas	0	d

Figura 7 Interfaz para el registro de citas médicas.

Como se menciona en [Riazul, 2015], es posible emplear las tecnologías de la información en el cuidado de la salud para la atención médica, sin embargo, este trabajo está enfocado en el aspecto del autocuidado preventivo y no para el caso de atención de enfermedades crónicas o de emergencia como se realizó en [Gómez, 2014] y [Vega, 2019]. En lugar del monitoreo de indicadores para la atención de emergencias médicas, se consideraron indicadores generales, de análisis clínicos, indicadores relacionados a la alimentación, a la actividad física y al estilo de vida.

Con el sistema presentado en este trabajo, no se pretende sustituir de ninguna manera el diagnóstico o tratamiento médico, sino que tiene como intención concientizar al usuario sobre el autocuidado de la salud, apoyándose en el registro y visualización gráfica de indicadores médicos.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó un sistema para el registro y visualización gráfica de indicadores para el cuidado de la salud, basado en el uso de la computadora de

bajo costo y empleando software libre. El sistema permite el registro de indicadores generales como talla y peso, registro de indicadores correspondientes a análisis clínicos de laboratorio, el registro del consumo de alimentos, el registro de actividad física y registro de indicadores del estilo de vida. Mediante gráficas ilustrativas y consulta en la base de datos de los indicadores registrados es posible dar seguimiento al comportamiento de los valores de los indicadores. El sistema también cuenta con una interfaz para el seguimiento de citas médicas. El sistema no pretende sustituir de ninguna manera el diagnóstico médico y tiene como objetivo concientizar al usuario en el autocuidado de su salud.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Álvarez S., (2017). Desarrollo de un sistema basado en el concepto de Internet de las cosas (IoT) para la prevención de enfermedades crónicas y el apoyo a estilos de vida saludables. Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] Cerecero P., Hernández B., Aguirre D., Valdés R., Huitrón G., (2009). Estilos de vida asociados al riesgo cardiovascular global en trabajadores universitarios del Estado de México. *Salud Pública de México*, 51(6), 465-473: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342009000600004, ISSN 0036-3634.
- [3] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, (2020). Características de las defunciones registradas en México durante 2019. México: INEGI: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/EstSociodemo/DefuncionesRegistradas2019.pdf>.
- [4] Ganesh E., (2019). Health monitoring system using Raspberry Pi and IoT. *Oriental Journal of Computer Science and Technology*. Vol. 12 (1), 8-13. ISSN 0974-6471.
- [5] Gómez J., Oviedo B., Zhuma E., (2016). Patient monitoring system based on internet of things. *Procedia Computer Science*, 83, 90-97. doi: 10.1016/j.procs.2016.04.103. ISSN 1877-0509.
- [6] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, (2021). Características de las defunciones registradas en México Durante 2020.

- México: INEGI: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/DefuncionesRegistradas2020preliminar.pdf>.
- [7] Organización Mundial de la Salud, OMS. (2021). Factores de riesgo: https://www.who.int/topics/risk_factors/es/#.
- [8] Piña B., Alvarado A., Deveze M., Durán E., Padilla F., Mendoza C., (2015). Evaluación de hábitos de salud e identificación de factores de riesgo en estudiantes de la División de Ciencias Naturales y Exactas (DCNE), unidad Noria Alta, Universidad de Guanajuato, México. *Acta Universitaria*, 25(1), 68-75: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41641037011>, ISSN 0188-6266.
- [9] Raspberry Pi., (2022): <https://www.raspberrypi.org/>.
- [10] Riazul S., H. M., (2015). The internet of things for health care: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 3, 678-708. doi:10.1109/ACCESS.2015.2437951.
- [11] Sánchez J., Sánchez L., Anzures M., Larios M., (2021). Una aplicación colaborativa para la gestión de protocolos de tesis. *Pistas Educativas*, 43(139), 95-115: <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2700/2089>. ISSN 2448-847X.
- [12] Smarr, L., (2014). The human microbiome and the revolution in digital health. Estados Unidos de America. Recuperado el 21 de junio de 2022, de <http://smarr.calit2.net/multimedia?vid=o3bhFtbXnUU>.
- [13] Tarazona G., Acosta C., González X., Pizano A., (2020). Aplicación del Internet de las cosas al monitoreo de signos vitales para enfermedades crónicas. *Identidad energética*. Vol. 3. ISSN 2248-7775.
- [14] Vega J., Lagos M., Sánchez F., Cosme J., (2019). Monitoreo de signos vitales usando IoT. *Pistas Educativas*, 41(134), 751-769: <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2100/1660>. ISSN 2448-847X.