

Sistema publicitario inteligente con Raspberry Pi3, aplicación Android y hardware libre

Smart advertising system with Raspberry PI3, Android application and free hardware

Mónica María Miranda-Ramos¹ (mmiranda@ups.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-7497-1593>)

Lenín Joel Chaglia-Zambrano² (lenin8785@yahoo.es) (<https://orcid.org/0000-0002-0112-3630>)

Johann Vásquez-Raza³ (jvasquezr@est.ups.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0003-2365-6056>)

Resumen

La Iglesia Peniel ubicada en Guayaquil, Ecuador tiene varios acontecimientos de gran importancia para las personas que acuden a la misma. No obstante, la ausencia de un lugar específico y de elevada visibilidad para las publicaciones, provoca que las personas no se mantengan informadas y al día con los eventos que están por realizarse. El objetivo de la investigación es diseñar e implementar un sistema informativo para la iglesia Peniel, basado en la utilización de Raspberry Pi 3, microcontrolador ESP32, teclado y módulo GSM. Además, incorporará una aplicación informática para visualizar los eventos a través del celular. La investigación fue realizada en el periodo comprendido de octubre de 2019 a noviembre de 2020. Su alcance es descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los principales métodos científicos utilizados son el análisis documental, la observación, la experimentación, el análisis-síntesis y el inductivo-deductivo. Además, se emplea la ética del Do It Yourself. Algunas herramientas y tecnologías empleadas fueron Python como lenguaje de programación, Android Studio como entorno de desarrollo integrado y MongoDB como sistema de bases de datos. Como resultado se obtuvo un sistema informativo que permite visualizar los eventos a través del celular, por medio de una aplicación informática. Asimismo, la propuesta se fundamenta en el empleo de hardware y software libre y constituye una opción de elevado rendimiento y de bajo costo y consumo.

Palabras clave: Android, hardware libre, Microcontrolador ESP32, Raspberry Pi3, sistema publicitario inteligente.

¹ Máster en Ingeniería. Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Ecuador.

² Estudiante de Ingeniería Electrónica. Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Ecuador.

³ Estudiante de Ingeniería Electrónica. Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Ecuador.

Abstract

The Peniel Church located in Guayaquil, Ecuador has several events of great importance for the people who come to it. However, the absence of a specific and highly visible place for publications means that people are not kept informed and up-to-date with the events that are about to take place. The objective is to design and implement an information system for the Peniel church, based on the use of Raspberry Pi 3, ESP32 microcontroller, keyboard and GSM module. In addition, it will incorporate a computer application to view the events through the cell phone. The research was carried out in the period from October 2019 to November 2020. Its scope is descriptive, with a quantitative approach and experimental design. The main scientific methods used are documentary analysis, observation, experimentation, analysis-synthesis and inductive-deductive. In addition, the ethics of Do It Yourself is used. Some tools and technologies used were Python as a programming language, Android Studio as an integrated development environment, and MongoDB as a database system. As a result, an information system was obtained for the Peniel church, which allows the events to be viewed through the cell phone, by means of a computer application. For this, a Raspberry Pi 3, an ESP32 microcontroller and a GSM module are efficiently used. Likewise, the proposal is based on the use of free hardware and software and constitutes an option with high performance, low cost and consumption.

Key words: Android, ESP32 microcontroller, free hardware, Raspberry Pi3, Smart advertising system.

Uso de las TICS en el contexto actual

La Iglesia Peniel, ubicada en la Clda. Las Tejas Mz. 3ª V. 11, en Guayaquil, Ecuador tiene varios eventos y acontecimientos de gran importancia para las personas que acuden a ella. Toda esta información es difundida por medio de publicaciones en una vitrina de información que se encuentra en dicha instalación. Una de las desventajas identificadas de este método de informar los eventos, es que muchas veces no todas las personas van a la iglesia, bien sea por la falta de tiempo, motivos personales, e incluso motivos laborales. Al no existir un lugar específico y de elevada visibilidad para las publicaciones, las personas no se mantienen informadas y al día con los eventos que están por realizarse.

En la actualidad, la evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la tecnología electrónica, ha ayudado considerablemente a agilizar las actividades de la vida cotidiana alrededor del mundo. Igualmente, se han desarrollado dispositivos cada vez más pequeños, de bajo costo, bajo consumo y fáciles de usar para facilitar aún más estas tareas y contribuir con la automatización y eficiencia de los procesos. Un ejemplo de ello lo constituye el diseño de las redes informáticas, así como los microcontroladores y las plataformas de hardware libre (Robaina y otros, 2020).

En este sentido, una de las maneras más factibles y usadas para mantener informados a un gran número de personas al mismo tiempo, es mediante la visualización de imágenes

muy grandes, las cuales se pueden proyectar mediante un monitor o pantalla. Para el caso de la Iglesia Peniel, en función de resolver la problemática identificada de la desinformación, se hace necesario poder mantener a los hermanos evangélicos informados y actualizados de los diversos eventos y noticias que se van a realizar en la iglesia.

La necesidad del presente trabajo radica en que se disponga de un lugar apropiado para la publicación de información actualizada y que esta sea aprovechada de manera adecuada por los creyentes. Teniendo en cuenta dicha situación, se persigue como objetivo diseñar e implementar un sistema informativo para la iglesia Peniel, basado en la utilización de Raspberry Pi 3, microcontrolador ESP32, teclado y módulo GSM y el desarrollo de una aplicación informática, para visualizar los eventos a través del celular.

Este trabajo beneficiará a los hermanos evangélicos que frecuentan la iglesia Peniel, en Guayaquil, Ecuador. Ellos son de bajos recursos económicos y no tienen la posibilidad de adecuar sus instalaciones con cambios tecnológicos, en su mayoría de alto valor en el mercado. Además, se prevé mejorar el proceso de comunicación, así como la información y organización de los eventos que se realicen en la iglesia. El proyecto se realiza debido a la dificultad en cuanto a la difusión de la información entre los asistentes a la iglesia. La situación anterior genera como resultado un desconocimiento de eventos importantes, noticias, visitas evangélicas y charlas cristianas de las diferentes iglesias, por la falta de una herramienta en sus instalaciones que posibilite la visibilidad adecuada de las publicaciones.

Diseño de una herramienta informática para la iglesia Peniel

La investigación fue realizada en el período comprendido entre octubre de 2019 a noviembre de 2020. Para su desarrollo se diseña e implementa un sistema informativo para la iglesia Peniel, para visualizar los eventos a través del celular.

Para darle cumplimiento al objetivo general, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Crear una aplicación Android para poder observar los eventos por medio del celular.
- Elaborar una tarjeta receptora con un microcontrolador que elija temas que se proyecten en la pantalla.
- Configurar la tarjeta Raspberry Pi 3 para que se encargue de producir la información que será enviada y proyectada en el monitor.
- Ejecutar la comunicación inalámbrica para enviar mensajes entre la tarjeta Raspberry Pi 3 y la tarjeta receptora.
- Realizar la comunicación entre la Raspberry Pi 3 y el módulo GSM para que sea el que envíe los mensajes a los dispositivos celulares, que fueron previamente guardados en nuestra base de datos.

El enfoque de la investigación es cuantitativo y cualitativo. Se utilizaron los siguientes métodos científicos:

- Análisis documental: en la consulta y búsqueda de información en páginas web de fabricantes y desarrolladores, así como en artículos científicos y libros electrónicos, con un elevado por ciento en los últimos cinco años. Todas las fuentes consultadas son primarias. Además, fueron consultadas referencias en idioma inglés.
- Observación: utilizado como método científico para observar la realidad y el comportamiento evidenciado en la iglesia Peniel por sus asistentes. De esta manera se podría llevar a cabo la implementación con calidad y posterior implantación del sistema informativo, para visualizar los eventos a través del celular y este sea acogido con alta aceptación.
- Modelación: en el contexto de la investigación se modela el sistema informativo para la iglesia Peniel, basado en la utilización de Raspberry Pi 3, microcontrolador ESP32, teclado y módulo GSM. Además, como parte del desarrollo de software se modela la aplicación informática, para visualizar los eventos a través del celular. Para ello, se fundamenta en una continua prueba e intento.

Principales herramientas, ambiente de trabajo y tecnologías definidas

- La metodología ágil Scrum fue empleada para guiar el desarrollo del software. La utilización de este marco de trabajo es determinante para la creación de un software robusto y con calidad. Su uso adecuado organiza el proceso de desarrollo y monitoriza el alcance, costo y tiempo, para su conclusión satisfactoria.
- NetBeans: Es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. NetBeans IDE2 es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso.
- Python: fue utilizado como lenguaje de programación, el cual es interpretado y muy utilizado en la actualidad. Su filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible.
- Android Studio: La aplicación para dispositivos móviles se desarrolla con Android Software Development Kit.
- MongoDB: es un sistema gestor de bases de datos NoSQL (*Structured Query Language*), de código abierto y orientado a documentos. MongoDB guarda estructuras de datos BSON (*Binary JavaScript Object Notation*), con un esquema dinámico, hace que la integración de los datos sea más fácil y rápida.
- Adicionalmente, para el proceso de desarrollo de software se emplea:
 - Aplicación Android (Nativescript Vue.js, Vuex y Axios)

- Desarrollo Front-End (Nuxt.js, Vuex y Axios)
- Desarrollo Back-End (FastAPI, pyMongo y pytz)
- Servidor:
 - Google Cloud Platform: en él se instalaron todos los servicios mediante “Docker-compose”. Cada servicio es un contenedor, los cuales son: la API desarrollada con Python, la página web desarrollada con Nuxt, la base de datos diseñada con MongoDB y el servidor web instalado con NGINX.
- La ejecución técnica del proyecto estuvo integrada por:
 - Levantamiento de requisitos de software a incorporar a la aplicación, los cuales son:
 - Crear, editar y borrar eventos, así como eliminar usuarios que se registran en la aplicación (puede hacer esto el usuario con privilegio de Administrador). Además, el administrador es quien realiza el consumo de las peticiones del API.
 - Todos los usuarios pueden ver los eventos y registrar número de teléfono para poder recibir los mensajes de los eventos que se publican.
 - Análisis y diseño de las interfaces no funcionales de la aplicación, así como diseño de la base de datos.
 - Implementación de la aplicación con las tecnologías antes referidas para la conexión entre las distintas capas, mediante el patrón Modelo-Vista-Controlador.
 - Realización de pruebas funcionales a la aplicación y pruebas de carga y estrés, para validar su correcto funcionamiento.
 - Publicación en el servidor web de aplicaciones para su utilización eficiente.

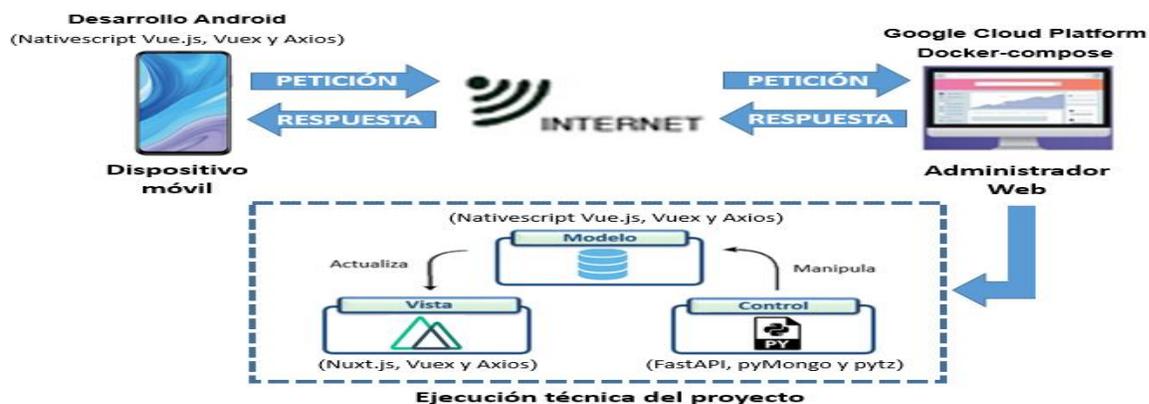


Figura 1. Arquitectura a nivel macro de la ejecución técnica del proyecto de software. Fuente: elaboración propia.

Componentes de hardware utilizados en la propuesta

Raspberry Pi 3

La Raspberry Pi es una serie de ordenadores pequeños o miniordenadores, de placa única o simple. Son de bajo coste, desarrollados a partir de 2006 en el Reino Unido por la Raspberry Pi *Foundation*, con el objetivo de inspirar a los niños en el aprendizaje de la programación. Actualmente, es la tercera generación de los modelos Raspberry Pi. Son muy populares para la conexión de dispositivos y sistemas a Internet mediante sensores. Es ideal para muchos proyectos y utiliza software libre (Norris, 2015; Raspberry, 2020).

Tiene diversos usos, entre los que se destacan la configuración de servidores web, como centro multimedia, FTP e impresión Wi-Fi, como Mini PC de escritorio, para la conversión del TV en Smart TV y como controlador robótico, entre otros interesantes e innovadores (Kyaw y otros, 2018).

El predecesor de la Raspberry Pi 3 hasta 2016 fue la Raspberry Pi 2. Sus principales especificaciones técnicas son (Raspberry, 2020):

- CPU de 64 bits Broadcom BCM2837 de cuatro núcleos a 1,2 GHz.
- 1 GB de memoria RAM.
- 4 puertos USB 2.
- BCM43438 LAN inalámbrica y Bluetooth de baja energía (BLE) a bordo.
- HDMI de tamaño completo.
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto.
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi.
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi.
- Puerto micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos.
- Fuente de alimentación micro USB conmutada mejorada de hasta 2,5 A.

Según sus fabricantes, la obsolescencia de la Raspberry Pi 3 está programada para no antes del 2026, por tanto, podrá ser utilizada hasta esa fecha, en que debe detenerse su producción.



Figura 2. Raspberry Pi 3. Fuente: Raspberry, 2020.

Microcontrolador Esp32

Un microcontrolador es un circuito integrado con una estructura interna de computador. En su interior contiene sus tres unidades funcionales: memoria, periféricos de entrada/salida y unidad central de procesamiento. Debe ser programado para que realice determinadas funciones, desde un simple parpadeo de un led hasta un sofisticado control de un robot (Bartlett, 2020).

El microcontrolador ESP32 es la última generación de productos de la familia Espressif. Es fabricado por TSMC y presenta integración de tecnologías Wi-Fi y Bluetooth de modo dual. Tiene un microprocesador Dual Core de 32 bits Xtensa LX6. Ofrece un consumo bien bajo de energía y es de bajo costo. Además, es un sucesor del ESP8266 (Espressif, 2020a; Espressif, 2020b).

El microcontrolador ESP32 puede ser programado con Python, más específicamente MicroPython. Este es una versión simplificada muy eficiente del lenguaje de programación Python 3 que está optimizado para ejecutarse en microcontroladores, como el ESP32. Funciona muy bien cuando se integra con una Raspberry Pi porque puede usar Python en ambos dispositivos para todo el código (Rototron, 2017).

A continuación, se presentan las principales características del Microcontrolador ESP32:

- Co-procesador de ultra baja energía (ULP).
- Memoria: 520 KiB SRAM.
- Voltaje de funcionamiento: 5V.
- Entradas análogas: 15, 1 DAC.
- Soporta todas las características de seguridad estándar de IEEE 802.11, incluyendo WFA, WPA/WPA2 y WAPI.
- Conectividad inalámbrica:
 - Wi-Fi: 802.11 b/g/n y Bluetooth: v4.2 BR/EDR y BLE

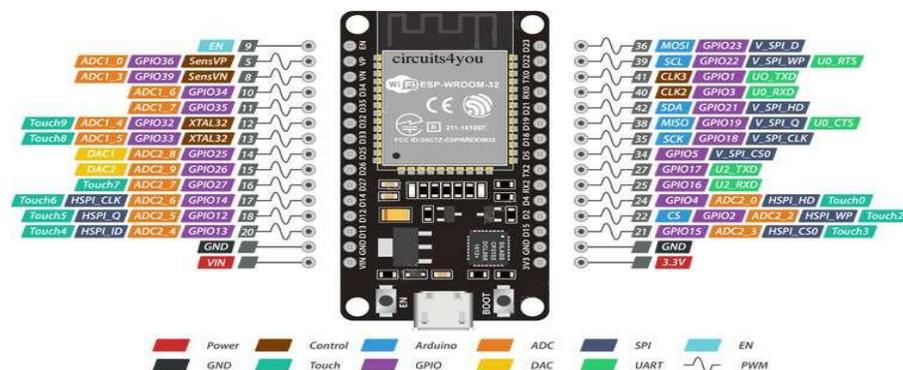


Figura 3. Microcontrolador ESP32. Fuente: HUBOT, 2020.

Módulo Gsm

La telefonía móvil es una tendencia en la actualidad, con mayor autonomía y cobertura que otras vías de comunicación como la Wi-Fi y el Ethernet. El GSM (*Global System for Mobile Communications*) es el sistema de comunicación que más se usa en los teléfonos móviles. La misma permite la transmisión de voz como funcionalidad principal, aunque por medio de GSM también se puede llevar a cabo la transmisión de datos como SMS e Internet, esta última a una velocidad muy baja. Asimismo, el GPRS (*General Packet Radio Service*) constituye una extensión del GSM, el cual se orienta a la transmisión de datos por paquetes, es más eficiente para la transmisión de datos, especialmente en el caso del acceso a Internet (Prometec, 2020).

En los proyectos Raspberry existen disímiles investigaciones que han utilizado módulos GSM para establecer una mejor comunicación con el exterior, en casos en los que no ha sido posible utilizar la Wi-Fi o el Ethernet por diversas razones, son muy útiles (Correa y otros, 2019; Guevara, 2019; Padilla y otros, 2015). En tales casos, su utilización ha posibilitado que la Raspberry se comporte como un teléfono móvil para el envío de SMS, conexión a internet o establecimiento de llamadas de audio. Para este propósito se suele utilizar una tarjeta SIM con un módulo GSM/GPRS, de forma que se pueda establecer la comunicación como si se tratase de un teléfono móvil.

Un ejemplo de desarrollo de un proyecto con Raspberry y un módulo GSM lo constituye la implementación de una alarma que permita notificar por medio de un SMS a un teléfono móvil cuando acceden personas a una sala, para simular el sensor detector de movimiento de una habitación, para encender un televisor y proyectar un material audiovisual. A continuación, se muestra un ejemplo de conexión de un módulo GSM/GPRS con Raspberry.

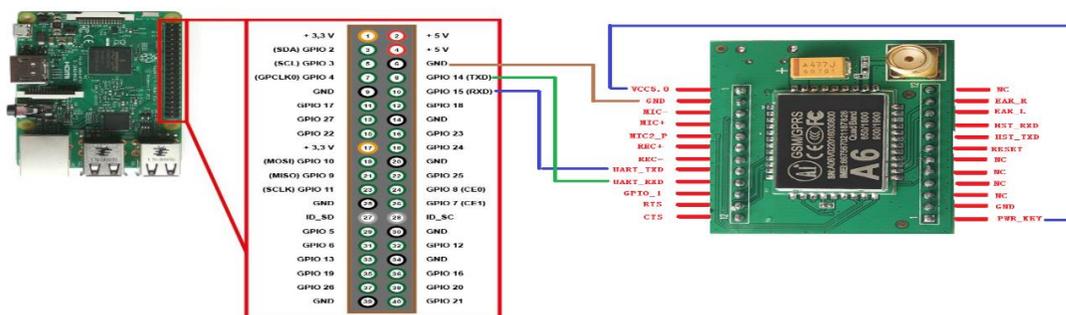


Figura 4. Conexión de un módulo GSM/GPRS con Raspberry. Fuente: MICROLAB, 2018.

Sistema publicitario inteligente con Raspberry Pi3, aplicación Android y hardware libre

Teniendo en cuenta los tres componentes de hardware principales abordados anteriormente (Raspberry Pi 3, microcontrolador ESP32 y módulo GSM), a continuación se presenta la propuesta de solución. Esta consiste en el diseño e implementación de un sistema informativo para la iglesia Peniel, el cual a través de una aplicación informática permite visualizar los eventos a través del celular. El diseño del diagrama físico con cada uno de los elementos del sistema informativo desarrollado se muestra en la Figura 5.

En su implementación se obtuvo una pantalla digital informativa funcional, la cual se conecta con distintos dispositivos y microcontroladores, a través de diversos protocolos de comunicación, como se especifica a continuación:

- La tarjeta receptora Raspberry Pi 3 se conecta al televisor por medio de cable HDMI. Además, a esta tarjeta se le conecta un router para establecer comunicación con los demás dispositivos, utilizando como protocolo de comunicación el estándar 802.11g (Wi-Fi). La Raspberry Pi3 es la encargada de proyectar la página web que contiene los eventos de la iglesia.
- La Raspberry se conecta a un microcontrolador ESP32, por medio de la Wi-Fi. A este microcontrolador se le programan funciones específicas, que le permitan establecer una adecuada gestión y operación del sistema informativo desarrollado para plataforma Android. El microcontrolador ESP32 es el encargado de elegir los temas de interés de las personas y proyectarlos por medio del teléfono celular.
- La tarjeta receptora Raspberry Pi 3 se conecta a un módulo GSM SIM900, por medio de un puerto serie 9600 Baudios. Este permite que la Raspberry se comporte como un dispositivo móvil, pudiendo operar en línea GSM/GPRS para el envío de mensajes de texto, en el cumplimiento de sus funciones y alertas al usuario. Toda esta información el usuario la recibe y monitoriza desde el celular, en donde además tiene instalada la aplicación Android desarrollada. Cuando se desea publicar un evento, la Raspberry establece la comunicación serial y le envía una serie de comandos para poder enviar el mensaje, los cuales deben ser enviados por cada usuario registrado, mediante la aplicación.
- El microcontrolador ESP32 se conecta a un teclado matricial. De esta manera se puede operar directamente con el microcontrolador, es más intuitivo para el usuario en su proceso de operación con este esquema. Además, este teclado posibilita seleccionar los eventos.
- El router permite establecer comunicación inalámbrica entre la Raspberry y la nube de Google (*Google Cloud Platform*). La misma es una infraestructura escalable y rápida, la cual provee todas las aplicaciones de desarrollo web de Google, permite crear soluciones de software a través de la tecnología almacenada en la nube. Posteriormente, esta se conecta a un Administrador web, como la tienda de aplicaciones de Google Play, que provee al teléfono la aplicación en Android para su instalación y utilización.
- Para poder publicar un evento a los usuarios registrados mediante el administrador, se tiene que acceder a la página administrativa, se busca el evento que se desea publicar y se da clic en el botón "Publicar". El evento se empezará a publicar. El tiempo de demora para enviar los mensajes depende de la cantidad de usuarios registrados y operando de manera concurrente.

A continuación, se muestra el diagrama físico con cada uno de los elementos que integran la propuesta de solución diseñada, en la cual se emplea hardware programado

y configurado, así como el sistema informativo implementado como componente de software, los cuales posibilitan su funcionamiento estable y eficiente:

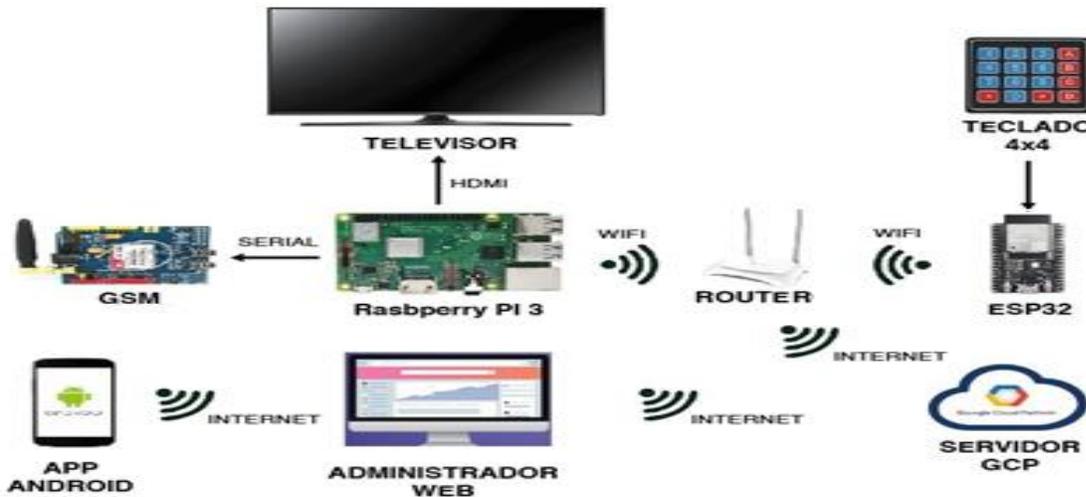


Figura 5. Diagrama físico con cada uno de los elementos del sistema desarrollado. Fuente: elaboración propia.

En el diseño e implementación del esquema propuesto se tuvo en cuenta de manera integral buenas prácticas en la programación de la aplicación informática, patrones de diseño, así como las principales características de cada uno de los componentes de hardware utilizados. Además, fue validado mediante pruebas funcionales a la aplicación, a cada uno de los requisitos funcionales implementados, así como pruebas de carga y estrés. De esta manera se resuelve la situación problemática identificada, siendo consecuentes con los costos y el consumo de energía. Por tanto, la propuesta desarrollada constituye una solución factible en las condiciones actuales y de acuerdo con los recursos disponibles.

Para la programación de la aplicación del sistema informativo se utilizó el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC). El mismo permite llevar a cabo el desarrollo de software, mantiene separados el diseño de los objetos de la lógica negocio (modelos) y sus interfaces gráficas (vistas), con el uso de un conector intermediario (controlador) entre ambas (Millán y otros, 2020).

En el empleo del sistema informativo desarrollado, el patrón arquitectónico funciona de la siguiente manera y se representa en la Figura 6:

1. El usuario realiza una petición al controlador, por medio de las interfaces de la aplicación.
2. El controlador se comunica con el modelo, quien le retorna al controlador la información solicitada.
3. El controlador le entrega dicha información a la vista, la cual le muestra la información al usuario. En este proceso, desde el modelo se actualiza la vista con la información solicitada por el usuario.

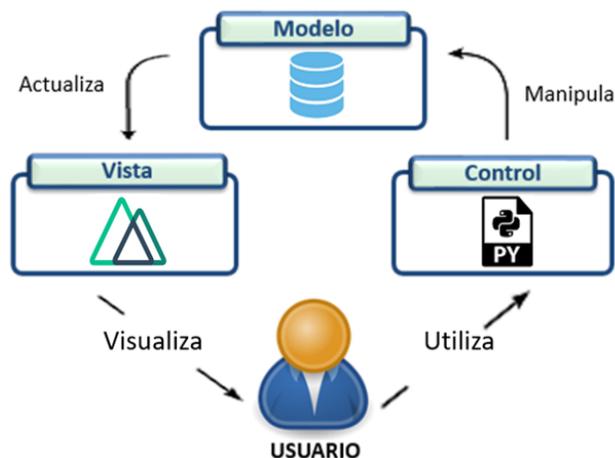


Figura 6. Patrón arquitectónico empleado. Fuente: elaboración propia.

Como parte del análisis y discusión de los resultados obtenidos, diversos trabajos e investigaciones realizadas en la última década constatan que el empleo de Raspberry Pi 3, el microcontrolador ESP32 y módulos GSM son factibles, prácticos, útiles y evidencian resultados satisfactorios en su aplicación en diversos sectores de la sociedad para la resolución de problemas comunes (Guevara, 2019; Maier y otros, 2017; Nayyar y Puri, 2016; Padilla y otros, 2015).

En la investigación de Guevara (2019), el autor realiza el diseño de un prototipo GPS e integrado con un módulo GSM/GPRS, para el monitoreo de la ubicación del ganado vacuno en Ecuador. En sus resultados se evidencia la factibilidad del mismo, así como la calidad de la propuesta para dar solución a la problemática identificada en este sector.

En cambio, Maier y colaboradores (2017) utilizan estas herramientas y tecnologías en un área que es bastante aprovechada en la actualidad, el Internet de las Cosas. En su investigación emplean el microcontrolador ESP32 y determinan que es de bajo consumo y bajo costo, con capacidades de Wi-Fi y Bluetooth, ideal para tareas de este tipo, criterio al cual arriba luego de comparar el mismo con otros microcontroladores competidores en el mercado.

Para Nayyar y Puri (2016), el empleo de Raspberry o Arduino, también en la era del Internet de las Cosas, son herramientas muy útiles, propician un manejo de datos y monitorización con altos porcentajes de precisión. Su investigación es aplicada al sector de la agricultura, impactándola de manera positiva, por medio de la utilización de sensores y otros dispositivos electrónicos de bajo costo y consumo energético. Es otro campo más de aplicación donde se han mostrado resultados positivos.

Por su parte, Padilla y colaboradores (2015) desarrollan un dispositivo que permite monitorizar a una persona que se encuentre extraviada o en peligro, así como un medio de alerta que posibilita notificar si determinada persona necesita ayuda inmediata. Para ello utilizan GSM y GSP. La primera conclusión a la que arriban los autores es que la propuesta es atractiva, debido a que los componentes utilizados son de bajo costo y

gasto energético, lo cual no afecta el rendimiento y los resultados exitosos de la propuesta de solución presentada.

Además, por las características favorables de Raspberry y la utilización de hardware y software libre, el proyecto puede ser modificado en función de las áreas de aplicación, desde monitorización de salud de pacientes hasta la seguridad de las personas. Asimismo, los datos pueden ser mejor utilizados para obtener mayor información, útil para la toma de decisiones.

Finalmente, en las investigaciones llevadas a cabo por Hoyo y otros (2015) y Peixoto y otros (2018) se manifiestan una vez más los usos eficientes de herramientas y tecnologías como Raspberry Pi 3 para la automatización de procesos habituales de la sociedad, como la gestión y control de la educación y la inclusión e integración de los estudiantes. Todo ello mediante un efectivo análisis de datos y monitorización de los mismos.

Los autores coinciden y concluyen en que estas herramientas constituyen opciones ideales, de bajo costo, de bajo consumo y de excelente rendimiento. Además, en el caso específico de Raspberry, trabaja con software y hardware libre de alta aceptación a nivel internacional, así como abundante documentación disponible. En la investigación de Peixoto y otros (2018), los autores presentan a Raspberry Pi como potenciador de la robótica educativa.

Precisiones finales

Se puede afirmar que el sistema informativo desarrollado para la Iglesia Peniel, basado en la integración, programación y configuración de Raspberry Pi 3, el microcontrolador ESP32 y un módulo GSM, permite la correcta visualización de los eventos a través del celular. Los mismos fueron analizados con profundidad, incluidos en el diseño del sistema informativo por sus potencialidades, ventajas y características, entre las que se destacan los que constituyen hardware y software libres, así como su bajo costo y gasto energético.

Se implementó una aplicación informática para arquitectura web y para dispositivos móviles compatibles con Android, la cual hace más intuitiva y fácil la tarea de visualizar los contenidos requeridos en la iglesia Peniel. El empleo de la metodología de desarrollo de software ágil Scrum fue determinante para la creación de un software robusto y con calidad. Su uso adecuado organizó el proceso de desarrollo y permitió monitorizar el alcance, costo y tiempo, para su conclusión satisfactoria.

El software desarrollado cumple con buenas prácticas de programación y patrones de diseño. Adicionalmente, fue validado mediante pruebas funcionales y pruebas de carga y estrés, en lo que evidenció un correcto funcionamiento, rendimiento, calidad y satisfacción por parte de los usuarios finales.

Referencias

- Bartlett, J. (2020). Introduction to Microcontrollers. En *Electronics for Beginners* (pp. 201-211). Apress, Berkeley, CA.
- Correa, J. A. C., Mora, S. B. S., Delgado, B. M., Ibarra, D. G. y López-Bustamante, O. (2019). Sistema de Geolocalización de Vehículos a través de la red GSM/GPRS y tecnología Arduino. *Revista EIA*, 16(31), 145-157.
- Espressif ESP32. Sitio web oficial del fabricante (2020a). Recuperado de <https://www.esp32.com/viewtopic.php?f=5&t=19>
- Espressif Systems. Sitio web oficial del fabricante (2020b). Recuperado de <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- Guevara, E. C. (2019). *Diseño de un prototipo GPS basado en arduino integrando un módulo GSM para el control y monitoreo de la ubicación del ganado vacuno* (tesis doctoral inédita). Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Hoyo, Á., Guzmán, J. L., Moreno, J. C. y Berenguel, M. (2015). Teaching control engineering concepts using open source tools on a raspberry pi board. *IFAC-Papers On Line*, 48(29), 99-104.
- HUBOT (2020). *ESP32S DevKit WIFI y Bluetooth (SKU 617H1)*. HUBOT. *Diseña tu realidad*. Recuperado de <https://hubot.cl/product/esp32-devkit-sku-617>
- Kyaw, A. K., Truong, H. P. y Joseph, J. (2018). Low-Cost Computing Using Raspberry Pi 2 Model B. *JCP*, 13(3), 287-299.
- Maier, A., Sharp, A. y Vagapov, Y. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. En *Internet Technologies and Applications (ITA)* (pp. 143-148). IEEE.
- Millán, J. L. P., Pérez, J. F. R. y Morejón, M. M. (2020). Módulo "Cartas Avalués" para el Sistema Informático Colpadi de la Unidad Central de Cooperación Médica. *Revista Cubana de Informática Médica*, 13(1), 407.
- Módulo GSM/GPRS A6 con Raspberry. MICROLAB. *Capacitación y asesoría académica* (2018). Recuperado de <https://makers-blog.azurewebsites.net/index.php/2018/09/25/modulo-gsm-gprs-a6-con-raspberry/>
- Nayyar, A. y Puri, V. (2016). Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing & solar technology. En *Proc. of The International Conference on Communication and Computing Systems (ICCCS-2016)*.
- Norris, D. (2015). *The Internet of Things: Do-It-Yourself at Home Projects for Arduino, Raspberry Pi and BeagleBone Black*. New York: McGraw-Hill Education.
- Padilla, R., Quintero-Rosas, V. y Díaz-Ramírez, A. (2015). Monitoreo y localización de

personas extraviadas utilizando Arduino y GSM/GPS. *Industrial data*, 18(1), 128-134.

Peixoto, A., Castro, M., Blazquez, M., Martin, S., Sancristobal, E., Carro, G. y Plaza, P. (2018). Robotics tips and tricks for inclusion and integration of students. En *Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 2037-2041). IEEE.

Prometec (2020). *MÓDULO GSM/GPRS: llamar y enviar SMS* (2020). Recuperado de <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>

Raspberry Pi 3 Model B. Raspberry Pi Foundation. Sitio web oficial del fabricante (2020). Recuperado de <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/?resellerType=home>

Robaina, R. F., Pérez, J. F. R. y Morejón, M. M. (2020). Rediseño de la infraestructura de red local del Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas. *Revista Cubana de Informática Médica*, 13(1), 412.

Rototron (2017). *Raspberry Pi ESP32 MicroPython Tutorial*. Recuperado de <https://www.rototron.info/raspberry-pi-esp32-micropython-tutorial/>