

Platforms for IoT applications based on Open Source technology

Recibido: 07/2019 | Aceptado: 10/2019

Resumen

En este artículo se realiza un análisis sobre la necesidad de implementar plataformas con tecnología Open Source como Arduino y Raspberry Pi para soluciones de IoT y se brinda una información teórica sobre estas. Se hace una breve exposición de las capacidades de cada plataforma, así como algunas aplicaciones que demuestran que fortalezas y debilidades tiene cada una.

Abstract

This research analyzes the need to implement platforms with Open Source technology such as Arduino and Raspberry Pi for IoT solutions, and provides theoretical information about them. It is made a brief exposition of the capacities of each platform, as well as some applications that demonstrate which strengths and weaknesses each of them has.

Cuba actualmente vive un momento de transición hacia la digitalización de la sociedad en el cual ETECSA, como operador de telecomunicaciones, desempeña un rol muy importante. Este escenario permite a ETECSA identificar, innovar, expandir y crear nuevas oportunidades y modelos de negocio, incursionando por ejemplo en los ecosistemas de plataformas orientadas a la Internet de las Cosas (IoT) lo cual podrían ser en un futuro la base de las creaciones con valor añadido, y un motor para el

desarrollo de aplicaciones innovadoras IoT para sus usuarios finales.

En este estudio se hace una breve exposición de las capacidades de las tecnologías de Open Source como Arduino y Raspberry Pi, así como algunas aplicaciones que demuestran las fortalezas y debilidades que tienen cada una. Se hace énfasis en la importancia de usar estas dos plataformas para desarrollar proyectos orientados a la IoT y como herramienta educativa en las universidades, como la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.

¹ Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. Vicepresidencia de Estrategia de Negocios y Tecnologías, La Habana, Cuba. rainer.lester@etecsa.cu

Este trabajo se basó en el Método Descriptivo de la Investigación Cualitativa, para la reseña de plataformas con tecnología Open Source como Arduino y Raspberry Pi para soluciones de IoT. Para ello fueron consultados fundamentalmente sitios web oficiales de los propios proveedores, artículos científicos y tesis, con el ánimo de exponer la necesidad de implementar este tipo de soluciones en Cuba.

Internet de las cosas (IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Es ampliamente usada en la ingeniería como en el monitoreo ambiental, ciudades inteligentes, y también en todas las industrias como la automovilística, agrícola, salud, domótica, gestión de alarmas entre otras, permitiendo monitorizar y controlar casi cualquier actividad, facilitando la toma de decisiones y aumentando la eficiencia en los procesos. En la logística se implementan estos sistemas para la gestión de almacenes y órdenes de distribución las cuales pueden ser accesibles desde los smartphones por medio de aplicaciones (Evans, 2011).

El desarrollo de IoT está compuesto por dispositivos enlazados a través de redes fijas e inalámbricas. Pueden ser cosas cotidianas como cámaras, sensores y demás, a los que se les puede asignar una dirección IP

la cual permite acceder a ellos remotamente y recoger fácilmente los datos obtenidos para ser almacenados en una plataforma desde la cual se toman y se ejecutan decisiones (Evans, 2011).

Para facilitar el control del IoT se hace necesario diseñar y construir la interfaz del usuario en la cual se muestra de forma sencilla informes de la actividad que se monitorea y finalmente se potencia la plataforma integrando el internet con otros sistemas de información. En la figura 1 se observa la interacción del usuario con un panel de control, el cual permite gestionar diferentes dispositivos y recibir el estado de estos directamente de la nube.

Actualmente existen diversas tecnologías de bajo costo como las placas de Arduino y Raspberry PI que nos puedeN ayudar a la hora de implantar sistemas domóticos y automáticos usados en proyectos de IoT en los que confluyen sensores de diferente naturaleza con el objetivo de utilizar la comunicación de los dispositivos para informar sobre actividades que suceden a distancia, en la que se manda una señal de alarma al usuario, aunque se encuentre a kilómetros de su casa como podría ser la vigilancia remota de una casa inteligente conectada a internet.

Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto —*open-source*— basada en software y hardware



Figura 1. El Internet de las cosas

muy fáciles de usar. Está pensado para diseñadores y desarrolladores, lo mismo en ámbitos educativos o como hobby y para cualquier interesado en crear entornos interactivos. Los proyectos que se realizan pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en un ordenador. Arduino puede gestionar el entorno mediante la recepción de señales de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su entorno mediante el control de luces, y a motores través del uso de actuadores (Arduino a, s.f.).

Arduino permite a un usuario con unos conocimientos básicos en programación programar el microcontrolador integrado en la plataforma y así realizar una multitud de proyectos que van desde encender un led hasta introducirse en el mundo de la robótica o incluso realizar proyectos más avanzados basados en comunicaciones inalámbricas o Ethernet incluyendo proyectos de IoT (Arduino a, s.f.).

Las placas Arduino están compuestas por un microcontrolador como eje central y una serie de componentes más encargados de apoyar y extender la funcionalidad de este. El microcontrolador de la placa se programa usando el —Arduino Programming Language— (basado en Wiring) y el —Arduino Development Environment— (basado en Processing). El entorno de desarrollo se puede descargar gratuitamente desde su sitio web. La programación de las placas es una tarea sencilla que solo requiere la conexión

de la placa a uno de los puertos USB de la computadora y la carga del programa dentro del micro mediante la propia plataforma de desarrollo. Las placas pueden ser programadas infinidad de veces (Arduino a, s.f.).

En la figura 2 se puede ver una imagen de la plataforma Arduino y una ventana con un programa listo para ser compilado y ejecutado en el microcontrolador.

A través de Arduino se puede recopilar multitud de información del entorno sin excesiva complejidad. Gracias a sus pines de entrada, permite jugar con toda una gama de sensores (temperatura, luminosidad, presión, etc.). Estos módulos brindan la capacidad de controlar o actuar sobre ciertos factores del entorno que le rodean, como, por ejemplo: controlando luces, accionando motores, activando alarmas y muchos otros actuadores (Arduino a, s.f.).

Desde el momento de su creación, no han dejado de sucederse las innovaciones. Actualmente, existe una multitud de placas Arduino, y la mayoría de ellas están disponibles en distintas versiones, adaptables prácticamente a cualquier tipo de requisitos o necesidades para llevar a cabo un determinado proyecto. Algunos de los principales modelos de placas Arduino que se pueden encontrar en el mercado podrían ser los mostrados en la Tabla 1 donde se puede ver una comparación de los mismos (Arduino b, s.f.).

Como vemos Arduino nos proporciona todas las herramientas necesarias para programar el microcon-

Tipo de Arduino	Mega2560 R3	UNO	Nano	Leonardo
Pines Digitales Entrada/salida	54 pines	14 pines	14 pines	20 pines
Pines de Entrada Analógicos	16 pines	6 pines	8 pines	12 pines
Procesador	ATmega 2560	ATmega 328P	ATmega 168	ATmega 32U4
Tamaño de Memoria Flash	256 KB	32 KB	32 KB o 16KB	32 KB
Velocidad de Reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Costo Aprox.	35.50€	20.50€	20.49€	18.00€

Tabla 1. Comparación entre módulos Arduinos

trolador, para empezar a realizar nuestros proyectos. Además tiene dos grandes ventajas, la primera es que existe una comunidad muy numerosa que da soporte a esta plataforma, y la segunda que existen módulos de ampliación shields que permiten incorporar a la placa utilidades adicionales (comunicación WIFI, control de motores, etc.).

Placas de Extensión o Shields

Las placas de Arduino cuentan con una amplia gama de otras placas que extienden y dan riqueza a las funcionalidades de estas en cuestión. Se puede recurrir a una gran variedad de shields compatibles prácticamente con cualquiera de sus modelos. Unidades Bluetooth, WiFi, Modems GSM, sensores ultrasónicos, sensores de presencia, lectores de tarjetas de memoria SD, y muchas más (Aprendiendo Arduino, s.f.).

Un shield es un módulo de expansión en forma de placa impresa que se puede conectar a la parte superior de la placa Arduino para ampliar sus capacidades, permitiendo además ser apiladas unas encima de otras manteniendo un diseño modular, tal como se puede ver en la Figura 3 (Aprendiendo Arduino, s.f.)

Respecto a los shields, continuamente están saliendo nuevos modelos para Arduino que amplían

las capacidades de las placas de Arduino. Todo esto enriquece la tecnología de hardware libre Arduino y permite desarrollar de una forma barata proyectos ambiciosos.

Los shields se pueden comunicar con el Arduino bien por algunos de los pines digitales o analógicos o

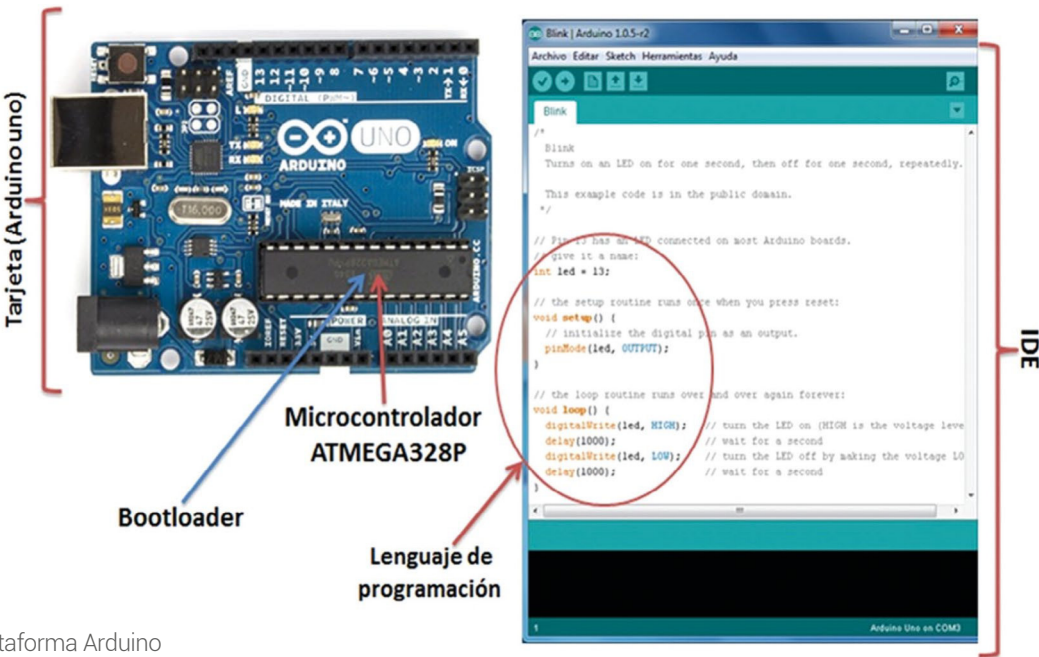


Figura 2. Plataforma Arduino

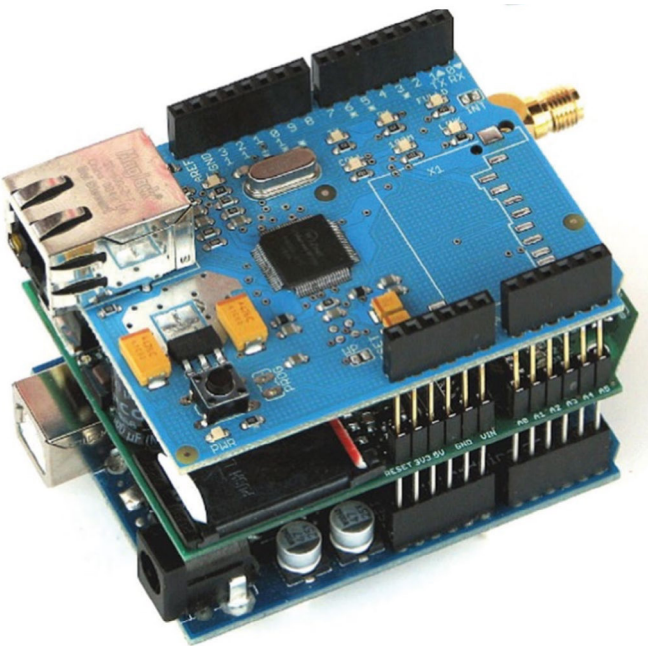


Figura 3. Shields conectados a una placa Arduino

bien por algún bus como el SPI, I2C o puerto serie, así como usar algunos pines como interrupción. Además, estos shields se alimentan generalmente a través del Arduino mediante los pines de 5V y GND.

A continuación, se muestran algunos de los shields más importantes de Arduino que describen la riqueza de este tipo de tecnología y todo lo que se puede hacer.

Arduino Ethernet Shield

El Arduino Ethernet Shield (Figura 4) permite a una placa Arduino conectarse a internet. Está basada en el chip Ethernet Wiznet W5100. El Wiznet W5100 provee de una pila de red IP capaz de utilizar los protocolos TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de sockets simultáneas. Usa la librería Ethernet para escribir programas que se conecten a internet usando el Shield.

Arduino Wireless SD Shield

El Arduino Wireless SD Shield (Figura 5) permite a una placa Arduino comunicarse de forma inalámbrica mediante un módulo inalámbrico. Se basa en los módulos XBee de Digi y puede ser utilizado como un reemplazo de serial / USB o puede ponerlo en un modo de comandos y configurarlo para una variedad de opciones de transmisión y redes de malla (Aprendiendo Arduino, s.f.).

Arduino WiFi Shield 101

El Arduino wifi Shield 101 (Figura 6) es una mejora de los anteriores wifi shield desarrollado junto con Atmel que usa el módulo WINC1500 y también añade funciones de cifrado hardware gracias al chip de cifrado ATECC508A. Usa una nueva librería llamada WiFi101 que también usan otros Arduinos con wifi integrado como el MKR1000. Esta librería es muy compleja y ocupa más del 60% de la memoria disponible en el Arduino UNO, dejando poco espacio para los programas. Si se van a realizar programas complejos, este shield es recomendable usarlo con Arduino Zero, Arduino 101 o Arduino Mega (Aprendiendo Arduino, s.f.)

Arduino Wireless Motor Shield

El Arduino Wireless Motor Shield (Figura 7) es un doble puente completo controlador diseñado para manejar cargas inductivas tales como relés, solenoides y motores de corriente continua paso a paso. Le permite manejar dos motores de corriente continua con su placa Arduino, el control de la velocidad y la dirección de cada uno de forma independiente. También se puede

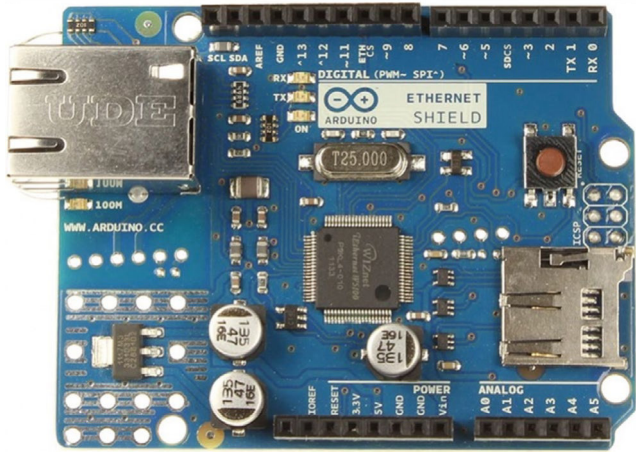


Figura 4. Arduino Ethernet Shield

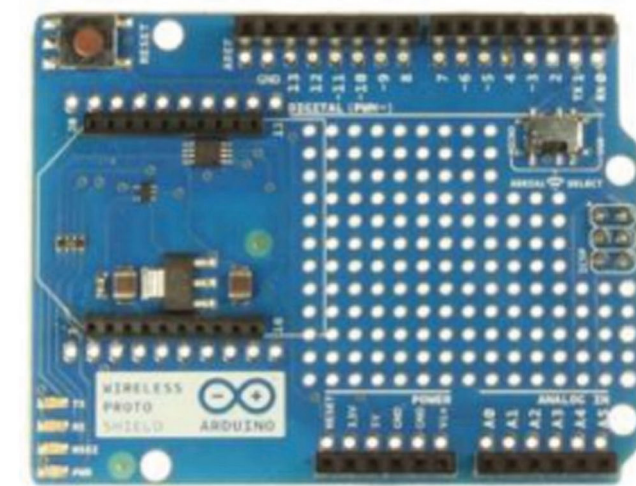


Figura 5. Arduino Wireless Proto Shield

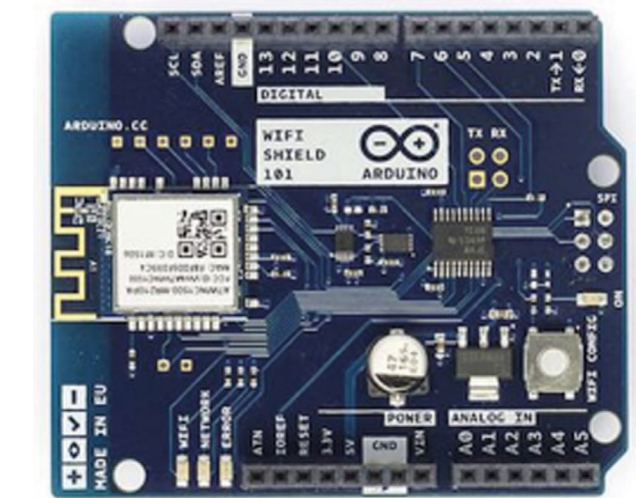


Figura 6. Arduino Wireless Proto Shield

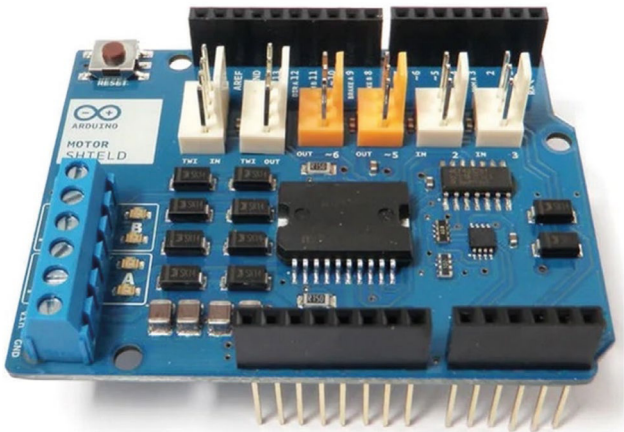


Figura 7. Arduino Wireless Motor Shield



Figura 8. Módulo GPRS+GPS Quadband para Arduino y Raspberry Pi (SIM 908)



Figura 9. Módulo 3G/GPRS+GPS para Arduino/Raspberry Pi

medir la absorción de corriente de cada motor, entre otras características (Aprendiendo Arduino, s.f.).

Existen otros tipos de Shields como son los shields de GSM que permiten conectar a internet mediante GPRS, usando una tarjeta SIM. También permiten enviar y recibir mensajes (SMS). Estos shields básicamente son módems GSM capaces de conectarse a una red GSM. Un cliente conectado a través de este modem, puede realizar todas las tareas habituales de los teléfonos móviles, desde conectarse a internet, hasta hacer llamadas. Dentro del grupo de shields GSM existen varios modelos que se muestran a continuación.

MÓDULO GPRS+GPS QUADBAND PARA ARDUINO/RASPBERRY PI (SIM908)

Este es uno de los tantos modelos de shield GPRS para Arduino. Cuenta con un módulo SIM908 integrado en la propia placa, ofrece la posibilidad de utilizar la tecnología GPS para posicionamiento en tiempo real, resultando muy útil para aquellas aplicaciones en las que necesitemos conocer la ubicación de nuestro dispositivo. En la figura 8 se aprecia una imagen de dicho shield (Aprendiendo Arduino, s.f.).

MÓDULO 3G/GPRS+GPS PARA ARDUINO/RASPBERRY PI

Este es uno de los modelos más completo entre muchos shields GPRS disponibles. A parte del sistema GPRS, gracias a su módulo SIM5218, integra también servicios 3G y tecnología GPS. Admite más funcionalidades en comparación con el resto de los shields que se ha visto hasta ahora, incluso permite la conexión de una cámara para la toma de imágenes. En la figura 9 se

puede ver el aspecto que presenta este shield(Aprendiendo Arduino, s.f.).

Raspberry Pi

Esta plataforma empezó la revolución a nivel microprocesador. Usa lenguajes de alto nivel como Python, C++ y Java. El proyecto para su implementación se inició a partir del hecho de que los estudiantes no eran eficientes en detalles técnicos de computación, es decir, con fines didácticos. Fue así que se desarrolló esta computadora en miniatura de bajo costo y relativo alto desempeño que permite a una nueva generación de estudiantes interactuar con sus computadoras en una forma nunca antes imaginada, ofreciéndoles así un aparato con numerosas funcionalidades a un precio irrisorio fomentando y facilitando el estudio de las ciencias de la computación entre los jóvenes.

A partir del año 2006 se realizaron varios diseños y prototipos de este dispositivo en la Universidad de Cambridge, Reino Unido. Aunque no fue hasta febrero de 2012 cuando se lanzó de forma comercial Raspberry Pi. Para entonces, ya se habían desbordado las expectativas de ventas, convirtiéndose en una herramienta ideal para el desarrollo de todo tipo de proyectos, no sólo de carácter didáctico sino también en el ámbito empresarial.

Desde el lanzamiento de la primera Raspberry Pi, el proyecto ha ido creciendo según los distintos usos que se comenzaron a darles a las placas. La mayoría de los componentes se mantienen en todas las versiones Raspberry Pi, pero han ido mejorando en potencia y alcances conforme fue pasando el tiempo. La Tabla 2 compara todos los modelos de forma exhaustiva (Maksimovic, Davidović,Vujović, Milošević, Perišić, 2014).

Cabe añadir que el diseño de la Raspberry Pi no incluye disco duro ni unidad de estado sólido para

el almacenamiento permanente, para ello se hace uso de la ranura para las tarjetas de memoria. En la tarjeta de memoria se debe realizar la instalación del sistema operativo que deseamos que gestione la Raspberry Pi. A través de la página web oficial se puede acceder a distintas distribuciones: Raspbian, Pidora, OpenElec, ArchLinux Pi.

Actualmente, la Raspberry Pi Foundation ha lanzado la Raspberry Pi 4, la nueva versión del mini ordenador que llega con todo lo que los usuarios habían soñado.

Raspberry Pi 4 Modelo B (Figura 10) es el último producto de la popular gama Raspberry Pi de ordenadores. Ofrece incrementos innovadores en la velocidad del procesador, multimedia con muy buen rendimiento, memoria y conectividad en comparación con la generación anterior Raspberry Pi 3 Modelo B +, conservando la compatibilidad con versiones anteriores y similares en cuanto a consumo de energía. Para el usuario final, Raspberry Pi 4 Modelo B proporciona escrito-

Versión	SoC (System on Chip)	Velocidad	RAM	Puertos USB	Ethernet	Bluetooth
Raspberry Pi A+	BCM2835	700 MHz	512 MG	1	No	No
Raspberry Pi B+	BCM2835	700 MHz	512 MG	4	100 base T	No
Raspberry Pi 2 B	BCM2836	900 MHz	1 GB	4	100 base T	No
Raspberry Pi 3 B	BCM2837A0/B0	1200 MHz	1 GB	4	100 base T	4.1
Raspberry Pi 3 A+	BCM2837B0	1400 MHz	512 MB	1	No	4.2
Raspberry Pi 3 B+	BCM2837B0	1400 MHz	1 GB	4	100 base T	4.2
Raspberry Pi 4 B	BCM2711	1500 MHz	1 GB	2 USB-2 2 USB-3	100 base T	5.0
Raspberry Pi 4 B	BCM2711	1500 MHz	2 GB	2 USB-2 2 USB-3	100 base T	5.0
Raspberry Pi 4 B	BCM2711	1500 MHz	2 GB	2 USB-2 2 USB-3	100 base T	5.0
Raspberry Pi Zero	BCM2835	1000 MHz	512 MB	1	No	No
Raspberry Pi Zero W	BCM2835	1000 MHz	512 MB	1	No	4.1
Raspberry Pi Zero WH	BCM2835	1000 MHz	512 MB	1	No	4.1

Tabla 2. Comparación entre modelos Raspberry Pi

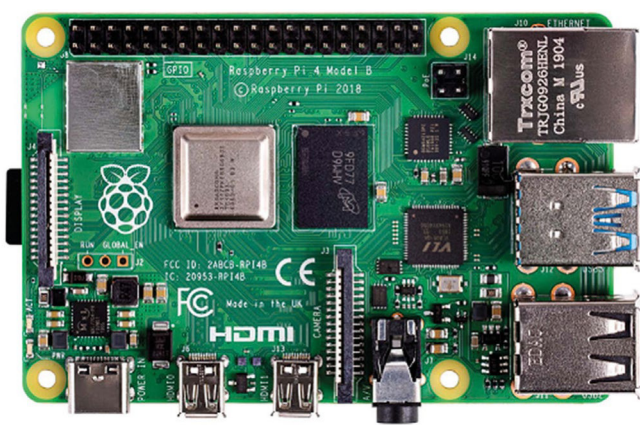


Figura 10. Raspberry Pi 4 Modelo B

rio rendimiento comparable a los sistemas de PC x86 de nivel básico (Maksimovic, Davidović,Vujović, Milošević, Perišić, 2014)

Las características clave de este producto incluyen un quad-core de 64 bits de alto rendimiento procesador, soporte de doble pantalla en resoluciones de hasta 4K a través de un par de puertos micro-HDMI, decodificación de video de hardware hasta 4Kp60, hasta 4 GB de RAM, LAN inalámbrica de banda dual de 2.4 / 5.0 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, USB 3.0, y capacidad PoE —Power over Ethernet—.

El puerto GPIO sigue teniendo sus 40 pines, estos pines GPIO pueden emplearse para SPI —Serial Peripheral Interface—, estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos, I2C —Inter-Circuitos Integrados—, bus de comunicaciones en serie, UART —Transmisor-Receptor Asíncrono Universal—, control de puertos y dispositivos serie, generación de PWM —Modulación por Ancho de Pulso—, alimentación a 3.3V o 5V, GND y E/S.

Comparación entre las dos plataformas. ¿Cómo elegir la adecuada?

Si comparamos estas dos tecnologías nos vamos a dar cuenta que son diferentes, aunque a menudo escuchemos hablar de ellas para dar solución a los mismos problemas, como pueden ser proyectos sencillos de robótica o domótica. Cada una tiene sus fortalezas y debilidades, y una plataforma es mejor que otra para una determinada aplicación.

Microcontroladores vs microprocesadores: un microcontrolador es un circuito integrado diseñado con

el propósito de tareas específicas. Es principalmente usado en productos que requieren un grado de control impuesto por el usuario. Los microprocesadores en cambio, son usados para ejecutar aplicaciones grandes y genéricas.

La Raspberry Pi y el Arduino fueron pensadas para propósitos muy diferentes, a pesar de que ambas son de software libre, para que cualquiera pueda revisarlo o modificarlo, solo el Arduino es de hardware libre, lo que significa que cualquiera puede tomar el diagrama eléctrico de la placa y fabricarse la suya propia, sin embargo, la Raspberry Pi esta única y exclusivamente bajo el control de la Raspberry Pi Foundation, siendo ellos los únicos que pueden fabricar y modificar dicha placa.

Arduino para principiantes y proyectos de propósito simple

Es la principal plataforma de la comunidad DIY —Do It Yourself—, ya que es open-source. Es fácil de desarrollar, consume poca energía y es muy simple de usar. Además, está especialmente diseñado para principiantes, de tal forma que cualquiera pueda jugar con el mismo y conectarlo a componentes externos. En esencia, el Arduino es una plataforma pequeña programable que acepta y almacena códigos de la computadora convencional. Es capaz de cosas simples como controlar luces o controlar sistemas de jardinería. La plataforma, el lenguaje de programación y muchos proyectos son de distribución libre, dispuestos a ser utilizados para adecuarse a las necesidades de muchos propósitos (Arduino.cl, s.f.), (Maksimovic, Davidović,Vujović, Milošević, Perišić, 2014)

Su uso es tan sencillo que cualquiera puede usarlo, es decir, no se precisa de conocimientos muy profundos de programación ni electrónica y es el punto perfecto de partida para cualquiera que busca iniciarse en proyectos de electrónica de tipo DIY debido a su simplicidad.

Ventajas: El Arduino es relativamente barato para disponer de varias unidades y explotar su uso. Además de su estandarte Arduino Uno, se disponen de muchas variaciones de modelos de Arduino para elegir. Como es de bajo consumo, es ideal para aplicaciones de usos de larga duración, o incluso para uso de baterías. Pero por, sobre todo, el Arduino tiene una popularidad muy alta, lo que conlleva a una gran facilidad de encontrar apoyo, documentación sobre proyectos particulares,

tutoriales, etc. Además, presenta flexibilidad para distintos tipos de interfaces (Arduino.cl, s.f.).

Desventajas: Si bien tiene una amplia proyección de uso y aplicaciones como se nombró en las ventajas, aún toma tiempo acostumbrarse a usar algo sin interfaz gráfica. Debido a lo barato y pequeño que es, normalmente el Arduino no puede manejar diferentes procesos al mismo tiempo, lo cual hace que no sea bueno para proyectos que requieren mayor poder de cómputo (Arduino.cl, s.f.).

El Arduino es mejor para proyectos de propósito simple donde no se necesite mucho poder de cómputo y sea necesario el uso de un microcontrolador con el objetivo de facilitar la tarea de recogida de los datos proporcionados por distintos sensores tanto los que proporcionan una señal de salida analógica como los que la ofrecen de manera digital sin excesiva complejidad. Por ejemplo, si se quiere hacer un proyecto donde solo quieras hacer el control de algunos actuadores, como encender un calefactor al detectar cierta temperatura, controlar un sistema de riego automatizado o realizar proyectos de monitoreo y control donde se realice lecturas de sensores y al mismo tiempo ejecutar, controlar o actuar sobre ciertos factores del entorno que le rodean como por ejemplo controlando luces, accionando motores, activando alarmas y muchos otros actuadores, podríamos utilizar un Arduino (Arduino.cl, s.f.).

Si la aplicación o proyecto que se requiere necesita de un sistema de vigilancia inteligente que pueda leer patentes de vehículos, calcular la cantidad de tráfico en una avenida, y toda esa información subirla algún servidor en la nube, lo ideal sería una Raspberry Pi no una placa de Arduino.

Raspberry Pi: Para proyectos de multimedia complejos o basados en Linux

El Raspberry Pi es una pequeña computadora que corre sobre Linux desde una tarjeta SD, de la que se puede correr todo tipo de proyectos DIY. En pocas palabras, es una computadora Linux de bajo consumo, de tal forma que en principio puede hacer lo que hace una máquina Linux a un costo más bajo. Con 2 puertos USB y la salida HDMI, puede usarse como cualquier computadora, lo cual significa que es perfecto para proyectos que requieran un sistema Linux. Es así que Raspberry Pi es ideal para requerimientos de pantalla y especialmente, proyectos que requieran conexión a internet (Arduino.cl, s.f.),

Ventajas: Una pequeña computadora trae toda clase de ventajas. El puerto HDMI puede usarse para conectarse a un televisor y los 2 puertos USB permiten operarlo como a una computadora con teclado y mouse fácilmente. Su procesador gráfico soporta 1080p. También tiene un puerto ethernet para fácil conexión a internet con leves dificultades. Ya que el sistema operativo corre desde una tarjeta SD, este puede cambiarse fácilmente con solo cambiar la tarjeta. Esto es muy útil considerando que se tienen varias opciones para el sistema operativo. Dado su precio, es poderoso y aun así de fácil uso para principiantes. En cuanto a capacidad de expansión, es importante mencionar que tiene grandes beneficios gracias a la placa que permite la compatibilidad con los shields de Arduino, ya que, sin incluir estas expansiones, el soporte exclusivo para el Pi es muy bajo (Arduino.cl, s.f.).

Aplicaciones

El eje central del IoT y su desarrollo son las aplicaciones. Las capacidades que aportan un procesador o microcontrolador, una memoria y otros recursos electrónicos, hacen que el Internet de las Cosas tenga aplicaciones en casi todos los campos que se puedan imaginar. Algunas de las aplicaciones con más interés son la domótica (smart home), el transporte inteligente (smart transport), aplicaciones industriales, las ciudades inteligentes (smart cities) o aplicaciones medicinales (smart health). En todas estas aplicaciones podemos encontrar la plataforma Arduino y Raspberry Pi como eje central en el desarrollo de muchos proyectos.

A continuación, se muestran algunos proyectos de ejemplos.

Proyectos con Arduino

La solución planteada en se realizó con el diseño de un Sistema Remoto de Supervisión y Control de Incendios, Humo y Fuga de Gas, que permite un ambiente más seguro para los residentes de una vivienda y que consta de diferentes sensores. (Villegas y Roa, 2017).

En este sistema remoto de seguridad en el hogar básicamente tienen la funcionalidad principal de la supervisión y control de variables especificadas como pueden ser (fuego, humo, fuga de gas y otras más) junto a la coordinación con el usuario a través de un mensaje por medio de un módulo GSM/GPRS.

El sistema está diseñado y desarrollado para encargarse de supervisar las variables establecidas continuamente en tiempo real, mediante sensores o detectores que están funcionando paralelamente entre ellos. En el momento que alguna de las variables ya establecidas esté por fuera de los parámetros, inmediatamente se manda un mensaje al usuario por medio del módulo GSM alertando que se ha presentado una situación de peligro en el lugar. En el momento que se envía dicho mensaje el sistema procede a activar el control para la respectiva variable activada.

En el mensaje enviado al usuario se le informará el tipo de suceso que se ha presentado en el lugar si la persona se encuentra fuera de la residencia en el momento que se presente dicho incidente y se le recomienda que se comuniquen con las autoridades correspondientes antes de dirigirse a su domicilio para evaluar los daños presentados.

En la Figura 11 se muestra el diagrama de bloques que está compuesto de los diferentes equipos para la realización de este proyecto de domótica de seguridad en el hogar con Arduino.

En (Biosca, Yera, Ruiz, 2018) se realizó el diseño de una plataforma de monitoreo y control remoto empleando la red celular GSM para estaciones de Telecomunicaciones no atendidas.

El sistema cuenta con un módulo de hardware que se instala en la estación en cuestión, que contiene

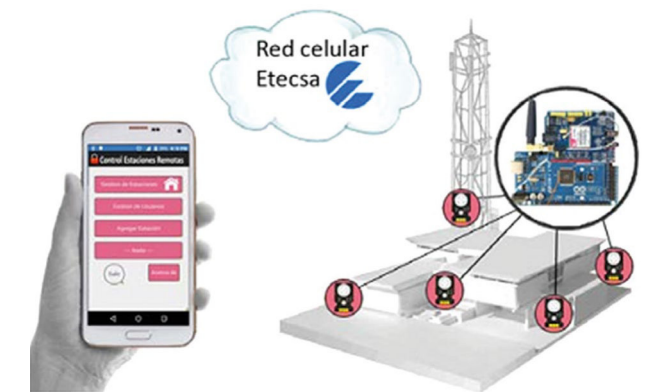


Figura12. Arquitectura de la plataforma de monitoreo y control

el controlador de la estación basado en hardware libre Arduino y su set de sensores y actuadores asociados, así como un módulo de expansión GSM para la comunicación con la aplicación de control. El segundo elemento es la aplicación de control en sí, desarrollada para ser instalada en dispositivos Android y facilitar de esta forma el monitoreo y control de la estación de forma móvil desde cualquier tableta o teléfono móvil que porten los supervisores. El intercambio de información entre los terminales de administración y el módulo de control de la estación ocurre por medio del servicio de mensajes cortos o SMS propio de GSM.

El sistema compuesto por dos partes fundamentales: el módulo de la estación, hardware y la aplicación de monitoreo y control, software, se aprecian en la figura 12.

El módulo de la estación, que se instala y se despliega en la instalación que se desea monitorear, está compuesto por un controlador Arduino Mega, al que se conectan cuantos sensores y actuadores como elementos se desee controlar y/o monitorear en la estación. Poniendo como ejemplo el caso de la figura 12 en la que se representa una estación de Telecomunicaciones, los

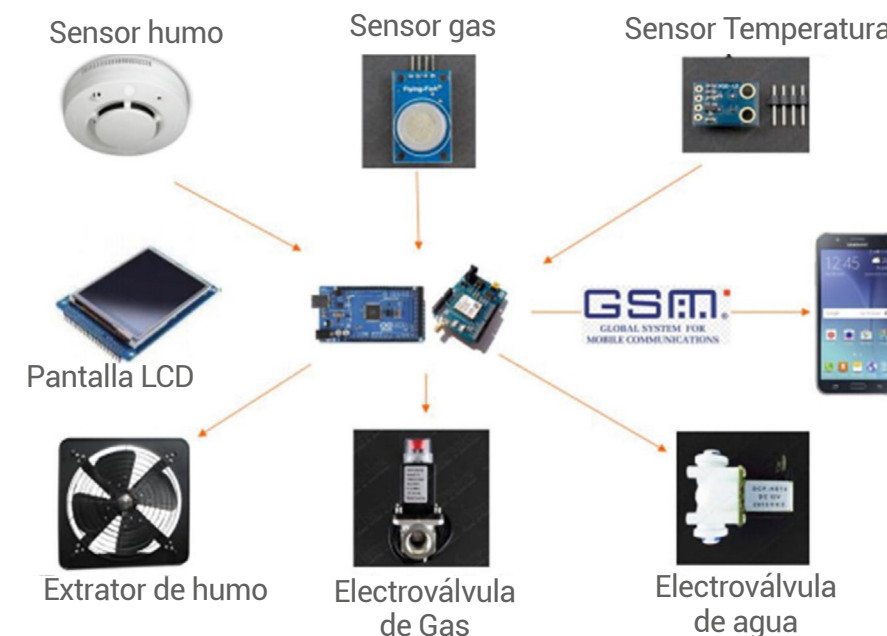


Figura 11. diagrama en bloques del sistema remoto de seguridad en el hogar

puntos de interés a monitorear pueden ser las puertas y ventanas de acceso a la instalación, el nivel de combustible en la planta de emergencia, la temperatura y la humedad en la sala tecnológica, entre otras variables.

La estructura del módulo de la estación se muestra en la figura 13 en un esquema en bloques.

El sistema electrónico que se puede observar en la figura 13, el cual es la parte inteligente colocada en la estación remota desatendida, está compuesto por un pequeño módulo Arduino Mega 2560 R3, un módulo SIM900 para comunicaciones GSM/GPRS, un lector de tarjetas Micro SD y una pantalla serie I2C de 4 líneas y 20 caracteres por línea. El microcontrolador de Arduino Mega 2560 R3 se comunica con el módulo SIM900 por medio del puerto serie y comandos AT. El módulo SIM900 es el encargado de la etapa de radiofrecuencia para el servicio de mensajes SMS. El programa en el microcontrolador desarrollado en lenguaje Arduino espera a recibir mensajes SMS para de ahí extraer el número de teléfono móvil que le envió el mensaje y el contenido del mensaje que le indicará la acción a ejecutar, como también generar mensajes SMS con información de monitoreo para el administrador como mensajes de alarmas. Dentro de las funcionalidades del sistema electrónico también se encuentra el monitoreo del estado de los sensores instalados en el local y la gestión de los procesos relacionados con registrar o dar baja a los usuarios administradores, hacer un historial con los logs generados por las sesiones de trabajo con el sistema.

El sistema se programó haciendo uso de dos lenguajes de programación, Java del lado de la aplicación Android y lenguaje Arduino en el sistema electrónico a implementar. El intercambio de información entre la estación y la aplicación Android se realizó de la misma manera, pero se programa distinto para cada caso ya que son lenguajes de programación diferentes. Para lograr la comunicación en ambos sentidos se propuso

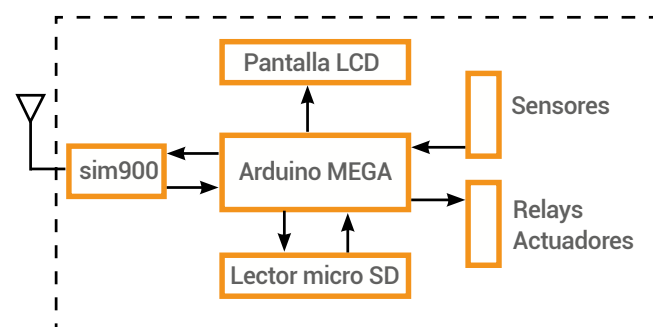


Figura 13. Estructura del hardware del módulo de la estación

implementar un protocolo de comunicación usando el servicio SMS de la red GSM realizado entre el terminal de administración (Aplicación Android) y el sistema electrónico en la estación no atendida.

Proyectos con Raspberry Pi

En el proyecto (Sedó, 2014) se realizó el desarrollo, tanto hardware como software, de un sistema domótico de bajo costo basado en el dispositivo Raspberry Pi, en un sistema capaz de gestionar elementos domésticos simples tales como sensores de presencia, bocinas de alarmas y encendido de luces. Además, se diseñó e implementó una interfaz web para facilitar la interacción del usuario con el sistema domótico instalado en su hogar.

En primer lugar, para poder acceder al sistema domótico del proyecto desde cualquier dispositivo con conexión a internet y así, interactuar con el mismo, se requiere de un servidor web propio que nos facilite esta acción. Raspberry Pi ofrece la posibilidad de trabajar como servidor web, realizando las configuraciones correspondientes.

Por otro lado, sobre el dispositivo Raspberry Pi se ejecuta un programa residente (daemon) encargado de la manipulación y almacenamiento del estado de las distintas señales discretas. En base a estos valores, se puede hacer uso de una placa de expansión PiFace Digital (Figura 14) en la que se conectarán los distintos dispositivos externos tales como luces, sensores de presencia y bocina. El estado de las señales correspondientes a estos dispositivos externos se almacena en una base de datos.

La placa de expansión PiFace Digital se trata de una placa diseñada para conectarse de forma directa sobre el conector GPIO de Raspberry Pi.

De este modo, el funcionamiento del sistema domótico se puede resumir según el esquema (Figura 15), cuya descripción es la siguiente:

1. El usuario accede a la interfaz web a través de su dispositivo móvil o de escritorio con la intención de modificar o consultar el estado de su hogar. Esta interfaz muestra el estado del sistema a través de una consulta a la base de datos, donde se almacena toda la información respectiva al sistema domótico.
2. Si se modifica algún dispositivo externo a través de la interfaz web, se actualiza la información de la base de datos.
3. El programa de gestión de señales, que se encuentra en continua ejecución en la Raspberry Pi, mo-

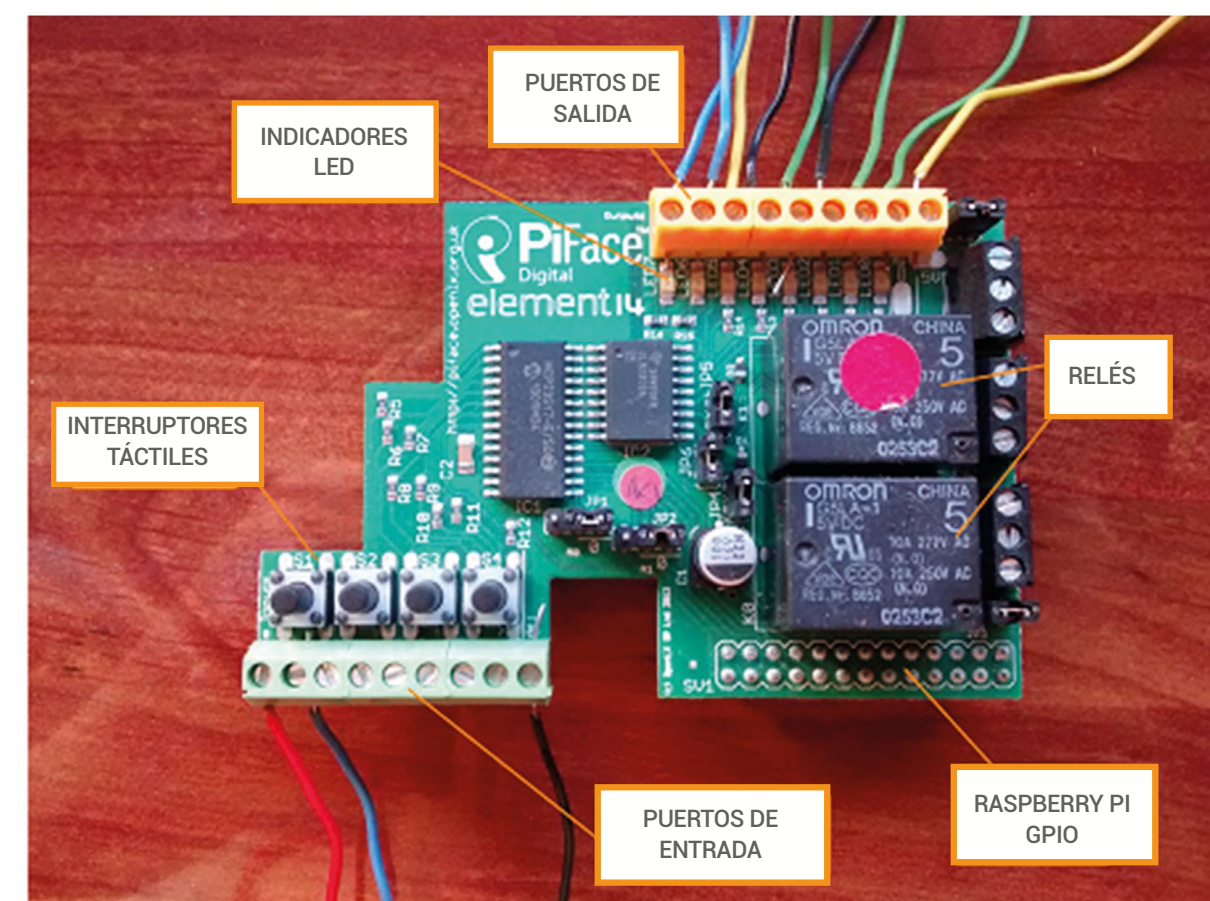


Figura 14. Placa de Expansión PiFace Digital

nitoriza los cambios solicitados por el usuario.

4. Una vez evaluada la información, se mandan las señales requeridas a los distintos dispositivos externos a través de la placa de expansión PiFace Digital.

De este modo, se consigue responder de forma rápida y sencilla a las diferentes peticiones del usuario acerca del sistema domótico de su hogar. No obstante, ésta se trata de una descripción general del sistema.

Desarrollo de la Solución de la Plataforma IoT Open Source en ETECSA

Etecsa debe fomentar la incorporación de las Plataformas Open Source Arduino y

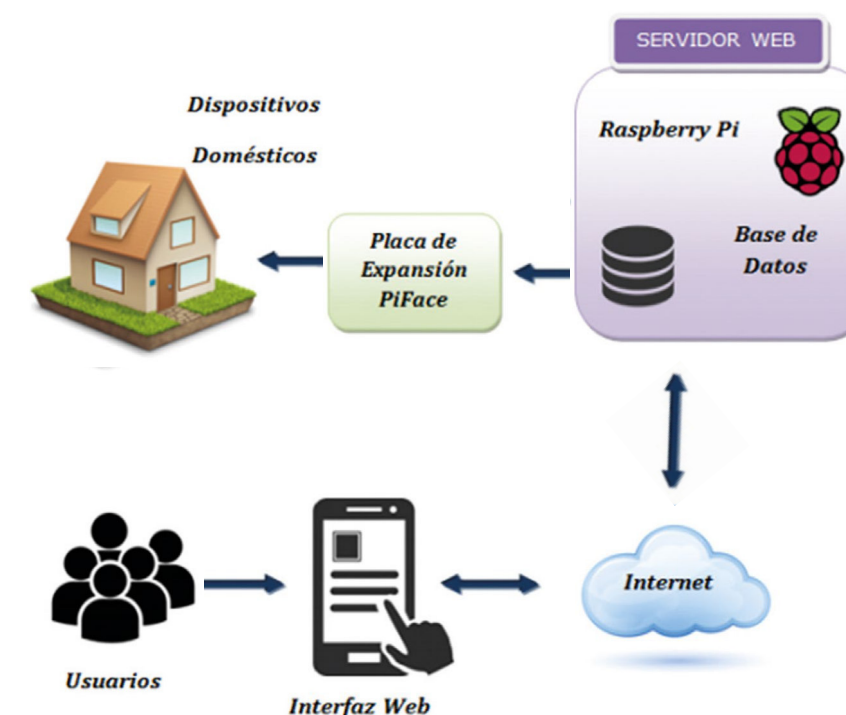


Figura 15. Diseño general del sistema domótico basado en Raspberry Pi

Raspberry pi como herramienta educativa en las universidades como la CUJAE en las carreras de Ingeniería Informática, Telecomunicaciones y Electrónica y Automática, con el objetivo de formar profesionales especializados en trabajar con proyectos de las áreas de programación y electrónica, donde los estudiantes puedan ir desarrollando habilidades a lo largo de la carrera y así en un futuro poder ser participe en proyectos complejos como crear una plataforma IoT Open Source. Es necesario crear una mano de obra especializada en este tema para afrontar la problemática de desarrollar plataformas IoT que puedan impulsar el proceso de digitalización de la sociedad que se está llevando a cabo en Cuba.

Teniendo en cuenta la situación socio-política de nuestro país, haciendo especial énfasis en las afectaciones provocadas por el embargo económico, se hace imposible en la práctica optar por comprar o utilizar una plataforma extranjera. Siendo la mejor solución desarrollarla en nuestro país, y ETECSA como único operador de Telecomunicaciones de nuestro país debería en un futuro poder contar con una plataforma IoT que pudiera brindar todas las bondades que ofrece esta tecnología y poder brindársela a sus usuarios y al país en ramas por ejemplo como la salud.

Trabajar con las universidades es la mejor manera de afrontar esta problemática, pues no solo contribuye a acelerar la salida al mercado de una solución de IoT cubana, también estaremos contribuyendo a formar profesionales especializados en el tema si financiamos sus proyectos de Tesis, ya que a veces los estudiantes no cuentan con la oportunidad de tener a mano las placas de Arduino o Raspberry o cualquier otro hardware necesario para desarrollar sus proyectos.

Es importante replantearse cómo podrían ser las relaciones universidad-empresa, en este contexto. Su importancia está dada por la medida en que dicha relación representa una estrategia eficaz para promover los procesos de innovación empresarial y para contribuir que las universidades hagan desarrollo de soluciones para el país. Para lograr se debe crear un ambiente de colaboración en el cual la empresa en este caso ETECSA y la universidad se comporten como socios:

- Los trabajos serán realizados en conjunto, supervisados por ambas partes.
- Las ganancias deberán ser repartidas mediante contrato previo.

- Programas de inserción laboral, formación y prácticas en la empresa enfocadas al desarrollo de soluciones técnicas para captar futuros especialistas en determinadas ramas de investigación.

- Incluir ofertas formativas optativas en las universidades, buscando la formación de expertos en áreas específicas como en IoT.

- Incluir áreas de trabajo pertenecientes a la universidad con todas las condiciones de software y hardware para desarrollar proyectos.

- La empresa debe crear concursos sobre ideas innovadoras enfocadas al desarrollo de soluciones de hardware o software en las universidades como recurso de innovación para la empresa.

Conclusiones

El presente trabajo se ha desarrollado con el fin de analizar la necesidad de implementar plataformas con tecnología Open Source para soluciones de IoT. Se presentaron algunas alternativas existentes en el mercado de placas de desarrollo de arquitectura Open Source como son Arduino y Raspberry Pi. Se compararon estas dos plataformas de desarrollo analizando sus ventajas y desventajas. Como también se evidencia la importancia de desarrollar una plataforma IoT teniendo en cuenta la situación socio-política de nuestro país relacionada con el bloqueo definiendo que es mejor desarrollarla en nuestro país y como las universidades juegan un papel muy importante en este escenario. Por tal motivo el autor encuentra que la utilización tanto del software código fuente abierto, como del hardware de arquitectura abierta tiene una ventaja competitiva trascendente, respecto a el software y hardware privativo.

De igual forma también se mostró a modo de ejemplo algunos proyectos realizados en tesis de estudiantes como muestra de la riqueza de este tipo de tecnología de desarrollo de la cual es menester destacar las comunidades que se forman a través de las redes sociales en donde estudiantes de ingeniería de diferentes naciones van incrementando y mejorando el conocimiento tanto tácito como explícito, para el desarrollo de proyectos de ingeniería escolares gracias a estas plataformas de desarrollo Open Source.

Referencias

- Aprendiendo Arduino. (s.f.). Aprendiendo a manejar Arduino en profundidad. Shields. Obtenido de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/shields/>
- Arduino b. (s.f.). Compare board specs. Obtenido de Arduino Products Compare: <https://www.arduino.cc/Products/Compare>
- Arduino a. (s.f.). What is Arduino. Obtenido de Arduino Guide Introduction: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arduino.cl. (s.f.). Arduino vs Raspberry. Obtenido de Arduino.cl: <https://arduino.cl/arduino-vs-raspberry/>
- Biosca Rojas, D.; Yera Pompa, J.I.; Riuz Delgado, R.L. (2018). Plataforma Iot para el Monitoreo Y Control Remoto de Estaciones no Atendidas Empleando Arduino+GSM. En XVII Convención y Feria Internacional Informática 2018, VIII Simposio de Telecomunicaciones. Obtenido de <http://www.informaticahabana.cu/sites/default/files/ponencias2018/TEL17.pdf>
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. CISCO: Informe Técnico.
- Maksimovic, M., Davidović, N., Vujovic, V., Milosevic, V., y Perisic, B. (2014). Raspberry Pi as Internet of Things hardware: Performances and Constraints. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/272175660_Raspberry_Pi_as_Internet_of_Things_hardware_Performances_and_Constraints
- Sedó, R. (2014). Diseño de un sistema domótico de bajo coste basado en Raspberry Pi. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/298214426_Diseño_de_un_sistema_domotico_de_bajo_coste_basado_en_Raspberry_Pi
- Villegas Villada, D.; Roa Estrada, R. A. (2017). Prototipo de un sistema remoto de seguridad en el hogar. Universidad de San Buenaventura Colombia Facultad de Ingeniería, Ingeniería Electrónica. Tesis de Grado en Ingeniería Electrónica. Obtenido de: bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/4644/1/Prototipo_Sistema_Remoto_Villegasa_2017.pdf