

# Desarrollo de Aplicación Domótica con Comunicación Inalámbrica Bluetooth

Sotelo Martínez Samuel<sup>1</sup>, Olivo Flores Marco Antonio<sup>1</sup> y Rodríguez Ortíz Juan Gabriel<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Ingeniería Mecatrónica. Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa, C. P. 76806. San Juan del Río, Querétaro. Tel. (427) 129 2000.

<sup>2</sup> Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico de San Juan del Río. Av. Tecnológico No. 2, Col. Centro, C. P. 76800. San Juan del Río, Querétaro. Tel. (427) 272 4118.

## Resumen

*La domótica es un área relativamente nueva, de elevados costos. Incorpora nuevas tecnologías en los edificios, en particular las que tienen que ver con la automatización, el ahorro energético, la seguridad y el acceso a la información, para funciones de ocio, entretenimiento y confort [1]. El diseño de la aplicación con tecnología bluetooth es una propuesta para la automatización domestica haciendo uso de medios inalámbricos reduciendo el costo y haciendo mas accesible la domótica a personas que mas lo necesiten como lo son las personas con capacidades diferentes.*

*La aplicación domótica con tecnología bluetooth implica distintas etapas como: un dispositivo móvil que puede ser un teléfono móvil, un PDA (Asistente Personal Digital) o un ordenador, en todos los casos el dispositivo debe contar con un sistema operativo Android y la aplicación App Inventor la cual se programará para poder generar una señal por Bluetooth con intensidad suficiente para ser captada a cierta distancia por el receptor HC-06 que a su vez interactúa con un controlador Arduino Mega que proporcionará las señales que llevarán a cabo las acciones de control para la automatización deseada.*

**Palabras clave:** Domótica, Automatización inalámbrica doméstica, Tecnología bluetooth.

## 1. Introducción

El termino domótica proviene de la unión de las palabras: *domus* (del latín, casa) y *tica* (de automática, en griego) y que literalmente significa: “casa automática” [2]. La domótica se ha convertido en un área de oportunidad cada vez más aceptada por la sociedad; así, el concepto de control inteligente aplicado a grandes edificios donde se incluyen cámaras de videovigilancia, sistemas de audio ambiental, sistemas de iluminación, redes informáticas, entre otras, obliga a renovar la idea de casa-habitación y/o edificios de oficina [3].

La tecnología domótica instalada actualmente en México está en proceso de aceptación y crecimiento y generalmente se utilizan sistemas alámbricos de control. Por tanto, el proponer sistemas alternos aplicados a la integración de diferentes tecnologías en el hogar u oficinas que generen confort, seguridad, ahorro energético y además de bajo costo, se convierten en una alternativa viable para su aceptación y consumo entre la sociedad.

El desarrollo de la tecnología inalámbrica aplicada a la domótica se engloba dentro de las siguientes tecnologías: Wi-Fi, bluetooth y ZigBee todas ellas bajo protocolo IEEE 802.15.4 para redes inalámbricas [4].

Hoy en día, la transmisión de datos a través de tecnología bluetooth y los dispositivos que la manejan son utilizados generalmente para uso personal, entretenimiento, envío de paquetes de datos en telefonía y pequeñas redes inalámbricas que facilitan la sincronización de datos entre equipos personales. A través del presente trabajo se busca verificar si la tecnología bluetooth tiene capacidad, fiabilidad y flexibilidad para realizar tareas de control en casa-habitación a fin de mejorar el confort, la seguridad y el ahorro de energía requerido en las aplicaciones domóticas.

A diferencia de otros trabajos desarrollados en el área donde se presenta un sistema domotico operado mediante Notebook (Bogado, 2012); ahora, se opta por utilizar un dispositivo móvil en donde para el diseño de la aplicación domótica con tecnología bluetooth que se presenta se realizó un estudio previo donde se encontraron dos problemas particulares; el poco mercado de clientes producto del alto costo de las aplicaciones domóticas y el medio de transmisión utilizado en la aplicación, donde los sistemas alámbricos a pesar de ser actualmente los mas utilizados, requieren de una mayor instalación, de una modificación del lugar donde se implementará y de un incremento en el costo del producto final.

El resultado que se persigue en este proyecto es el desarrollo de un sistema operado mediante tecnología bluetooth para controlar inalámbricamente el encendido y apagado de lámparas y controlar la intensidad de iluminación generada por las mismas desde un teléfono celular o una tableta electrónica con sistema operativo Android.

Se espera tener un prototipo de menor costo, usando dispositivos y tecnologías de buena calidad pero comercialmente más accesible, como valor agregado, se pretende dirigirlo también para personas con capacidades diferentes o de la tercera edad que podrían mejorar su calidad de vida en su lugar de residencia.

## 2. Integración de la aplicación.

La domótica se clasifica según su medio de transmisión en los siguientes tres tipos: Cableado dedicado, red eléctrica y transmisión inalámbrica [5]. A pesar de que las aplicaciones con cableado dedicado son las mas utilizadas presentan inconvenientes en viviendas ya construidas que no disponen de una preinstalación de cable para redes domésticas, lo cual puede resolverse utilizando medios inalámbricos.

### 2.1 Comunicación Bluetooth

Tecnología de comunicación inalámbrica presentada por SIG (Special Interest Group) en 1998, diseñada para reemplazar los cables que interconectan dispositivos de bajo consumo, corto alcance y bajo costo. Utiliza radiofrecuencia de 2,4 GHz en la banda ISM (Industrial, Cientific and Medical) [4]. El uso abierto al publico sin necesidad de licencias y requiere de un mecanismo de protección contra interferencias como técnicas de ensanchado de espectro. En la figura 1 se muestra una comparación entre las diferentes tecnologías inalámbricas existentes en el mercado.

ZigBee (WPAN)	Bluetooth (WLAN/WPAN)	Wi-Fi (WLAN)
Estándar 802.15.4 250 Kbps TX: 35 mA Standby: 3 µA 32-60 KB Memory 75 m alcance PMI	Estándar 802.15.1 10 Mbps TX: 40 mA Standby: 200 µA 100+ KB Memory 100 m alcance PMI	Estándar 802.15.11 54 Mbps TX: >400 mA Standby: 20 mA 100+ KB Memory > 100 m alcance PMI

**Fig. 1. Comparación entre comunicaciones inalámbricas.**

Se puede identificar una clara ventaja de Wi Fi sobre Bluetooth, su velocidad de transmisión, en contraparte Bluetooth tiene un menor consumo, el alcance para Wi Fi es un poco mayor, sin embargo esto se puede compensar con la clase de comunicación Bluetooth que se use. Clase 1, utilizado en aplicaciones industriales. Clase 2, utilizada en dispositivos móviles y Clase 3 generalmente poco utilizada, la figura 2 muestra sus potencias y alcances:

Clase	Pot. Máx.	Pot. Min.	Alcance
1	100 mW.	1 mW.	100 m.
2	2.5 mW.	0.25 mW	10 m.
3	1 mW.	NA	1 m.

**Fig. 2. Clases de comunicación Bluetooth.**

## 2.2 Sistema Operativo Android

Es un sistema operativo basado en Linux<sup>®</sup> para dispositivos móviles como teléfonos, PDA, ordenadores etc. Posee licencia Apache<sup>®</sup>, que es una licencia libre y de código abierto, este una razón por la cual se utilizará en el diseño de la aplicación domótica con tecnología bluetooth propuesta.

Una característica adicional en el uso de Android<sup>®</sup> tiene que ver con suficiente presencia en el mercado de los dispositivos móviles y disponibilidad para la mayor parte de la sociedad. Sobre esto, en la figura 4 se puede ver la presencia de Android en el mercado a escala mundial.

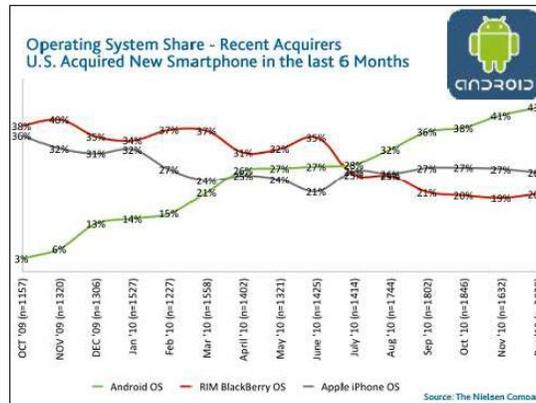


Fig. 3. Inclusión de Android en el mercado.

## 2.3 Arduino Mega

Arduino<sup>®</sup> es una plataforma de desarrollo de computación de código abierto, basado en un entorno para la creación de programas, el lenguaje de Arduino es una implementación de *Wiring* (Código abierto para microcontroladores) una plataforma de computación física que a su vez se basa en *Processing*, un entorno de programación multimedia [6]. El Arduino Mega es una placa microcontrolador basada ATmega1280. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie por hardware), 16 entradas analógicas, un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de reinicio.

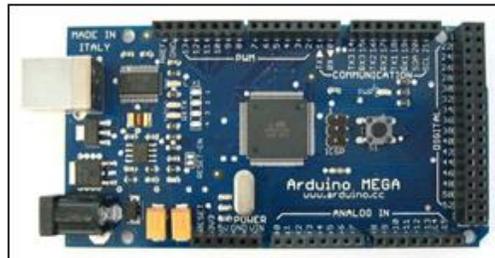


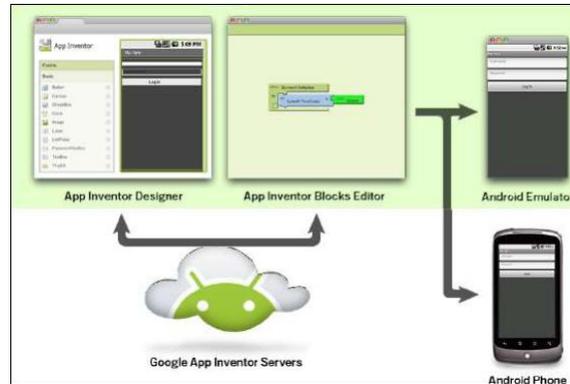
Fig. 4. Tarjeta Arduino Mega.

## 2.4 App Inventor

App Inventor<sup>®</sup> es una herramienta útil de programación, que permitir el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles que usen el sistema operativo Android basada en Open Blocks Java library similar a programaciones como Scratch y StarLogo.

El App Inventor está integrado por un editor de bloques que es la parte donde se diseña el programa y también consta un módulo en Web, donde aparte de ser el punto de entrada tenemos acceso a nuestros proyectos y, una

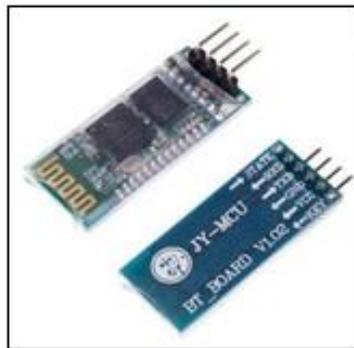
vez abierto un proyecto, podemos entrar a la sección de diseño de nuestra aplicación. Esta sección es donde podemos añadir los componentes y configurarlos apropiadamente. Si se trata de componentes visuales, entonces definimos también el diseño de la interfaz, en el momento del desarrollo se ejecuta la última versión del App Inventor disponible en su sitio web y los proyectos se guardan en línea (figura 5).



**Fig. 5. Desarrollo con App Inventor.**

## 2.5 Módulo HC-06

Este módulo de bluetooth es el dispositivo que utilizamos para la recepción de datos enviados desde una aplicación desarrollada en “App Inventor”. Se eligió este módulo de bluetooth por el bajo costo comparado con los módulos RN-41 y RN-42 los cuales tienen las mismas funciones y características, la única diferencia es el rango de cobertura. Siendo así un módulo que cubre las necesidades para el desarrollo del proyecto.



**Fig. 6. Módulo HC-06**

La configuración del modulo se realiza ajustando los tres aspectos esenciales de nombre, contraseña y velocidad de transmisión mediante comandos AT que se envían mediante una tarjeta Arduino.

## 2.6 Diseño Hardware

El desarrollo de esta aplicación se basa en el prototipo de una casa habitación, con el objetivo de controlar la intensidad de luz en recamaras a través de un regulador o atenuador, control de apertura de accesos por medio de un acoplamiento mecánico con motor, activación de alarma y simulador de presencia mediante un sensor de proximidad. Se propone utilizar una comunicación inalámbrica de tipo Bluetooth, ya que prácticamente dentro del alcance de la señal no presenta pérdidas de datos y en general tiene un comportamiento estable y seguro, además no depende de un servidor o servicio de internet, y si se tiene una comunicación Bluetooth clase 1 se puede compensar una de las desventajas de este tipo de comunicación que es el alcance. Éste tipo de comunicación será el medio por el que se transfieran los datos entre el dispositivo móvil y la tarjeta Arduino la

cual mediante el módulo HC-06 recibirá las señales de control para los respectivos actuadores instalados en la casa.

## 2.7 Diseño Software

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó el software APP Inventor en el cual se fue diseñando cada una de las interfaces que estarían en contacto directo con el usuario, en esta aplicación se diseñan los gráficos, botones, letras, símbolos u otros elementos para el usuario. Los materiales necesarios para el desarrollo de esta aplicación son:

- Computadora PC
- Navegador Google Chrome
- Dispositivo Android (Tablet, Celular, etc.)
- Versión java actualizada.

Con esta herramienta se definen los componentes de la aplicación con sus respectivas propiedades, así como la interfaz que se utilizará para la comunicación desde el dispositivo móvil. Una vez realizado lo anterior, ahora se procede a darle funcionamiento a todos los elementos. El encargado de esto es el editor de bloques, en éste se define el funcionamiento de cada elemento de la aplicación y los datos que se enviarán para el control de la casa habitación, así como la interacción de cada uno de los bloques con sus respectivas características (figura 8).

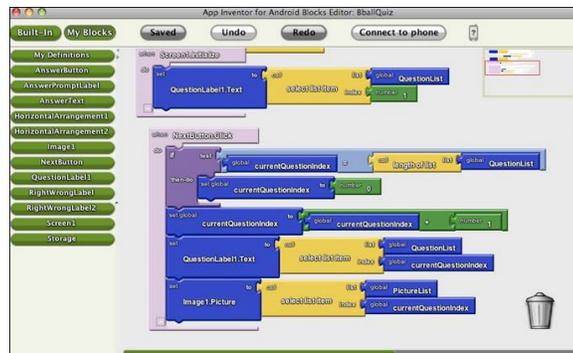


Fig. 7. Editor de bloques de App inventor.

## 3. Análisis de resultados

En la primera pantalla (figura 8) que se diseñó para el usuario se le pide introducir la clave de control de acceso, al controlarse el acceso a una casa habitación es indispensable la solicitud de una contraseña que si no se introduce correctamente no procede con la aplicación. Si el acceso es correcto la segunda pantalla es un menú creado para que el usuario seleccione que control quiere realizar; accesos, iluminación o alarma.

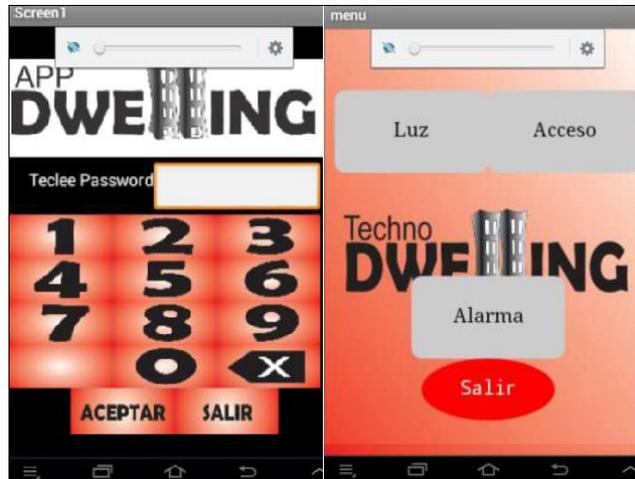


Fig. 8. Acceso y menú principal de la aplicación.

De acuerdo a la función seleccionada dentro del menú principal, se presentan una serie de sub menús en los cuales el usuario puede tener un control más definido, por ejemplo en la figura 9 se presentan 5 diferentes intensidades luminosas programadas para 3 lámparas principales dentro de la casa, así como la apertura y cierre de una puerta principal de acceso y un portón de acceso vehicular.



Fig. 9. Menú de iluminación y control de accesos.

En la figura 10 se tiene el control para activar la alarma doméstica con simulador de presencia en 1, 2, 3 y 4 horas.



Fig. 10. Menú de alarmas y prototipo.

Los resultados se percibieron en un prototipo a escala, donde se tuvo una comunicación eficiente, estable, prácticamente insensible a perturbaciones, en contra detectamos una pérdida leve en alcance con objetos intermedios, para esta aplicación es importante mantener estabilidad en conexión ya que permitirán garantizar la seguridad del sistema. El módulo HC-06 proporciona una velocidad de transmisión y recepción de datos constante y estable, sin embargo aunque el fabricante especifica que esta comunicación puede atravesar objetos sólidos sin problema, las pruebas realizadas se percibe una pérdida de alcance de la señal (figura 11).

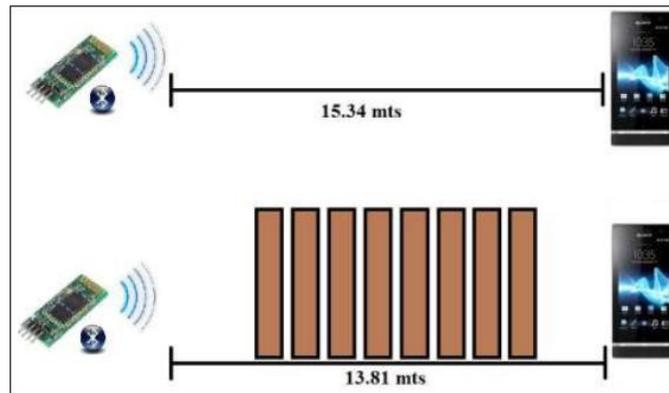


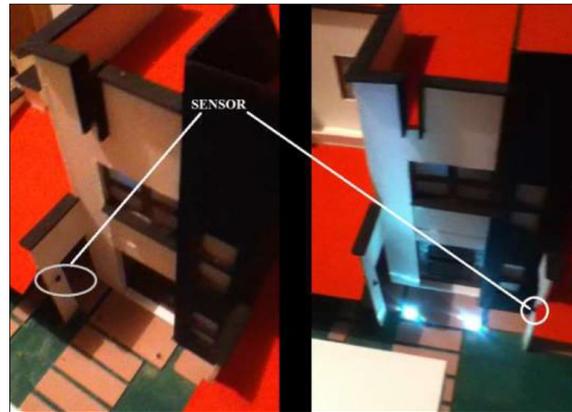
Fig. 11. Alcance de señal libre y con 8 barreras.

Con un entorno libre de obstáculos se puede tener una comunicación estable a una distancia poco mayor a 15 metros a la redonda del receptor. Se hace notar que hay una pérdida con interferencia de 8 barreras que puede ser un número alto para estas aplicaciones, a pesar de esto se sigue considerando viable uso de Bluetooth por las ventajas presentadas en la sección 2.1. Aun así se puede mejorar mucho el rango de alcance si se trabaja con dispositivos de comunicación Bluetooth de clase 1.

Los resultados en la realidad se muestran en las figuras 12 y 13; donde logró controlar el encendido e intensidad de las lámparas, la activación de alarma y el control sobre los accesos de la casa.

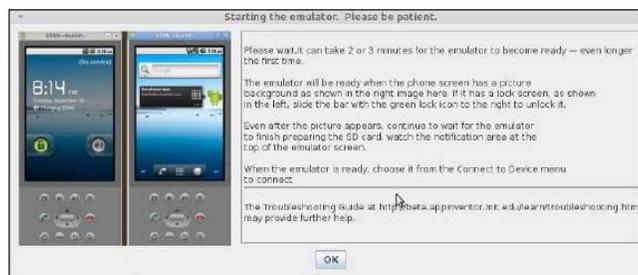


Fig. 12. Control de iluminación en casa.



**Fig. 13. Control de accesos y alarma.**

APP inventor también posee un emulador que realiza una conexión con un teléfono virtual para simular las función es que se programaron en la aplicación, esta función es importante porque permite realizar una primera prueba de funcionamiento del sistema creado. Una vez descargada en el dispositivo, se instala como cualquier aplicación para Android.



**Fig. 14. Simulador de App inventor.**



**Fig. 15. Simulación de aplicación del proyecto.**

Dentro del desarrollo de la aplicación parte de los resultados se pudieron prever en las simulaciones hechas por el emulador de APP inventor y por Isis de Proteus®. El uso de estas herramientas para la programación de los dispositivos es indispensable para identificar posibles fallas o errores de funcionamiento o comunicación. En la figura 16 se muestra la simulación del sistema y el diagrama de conexión.

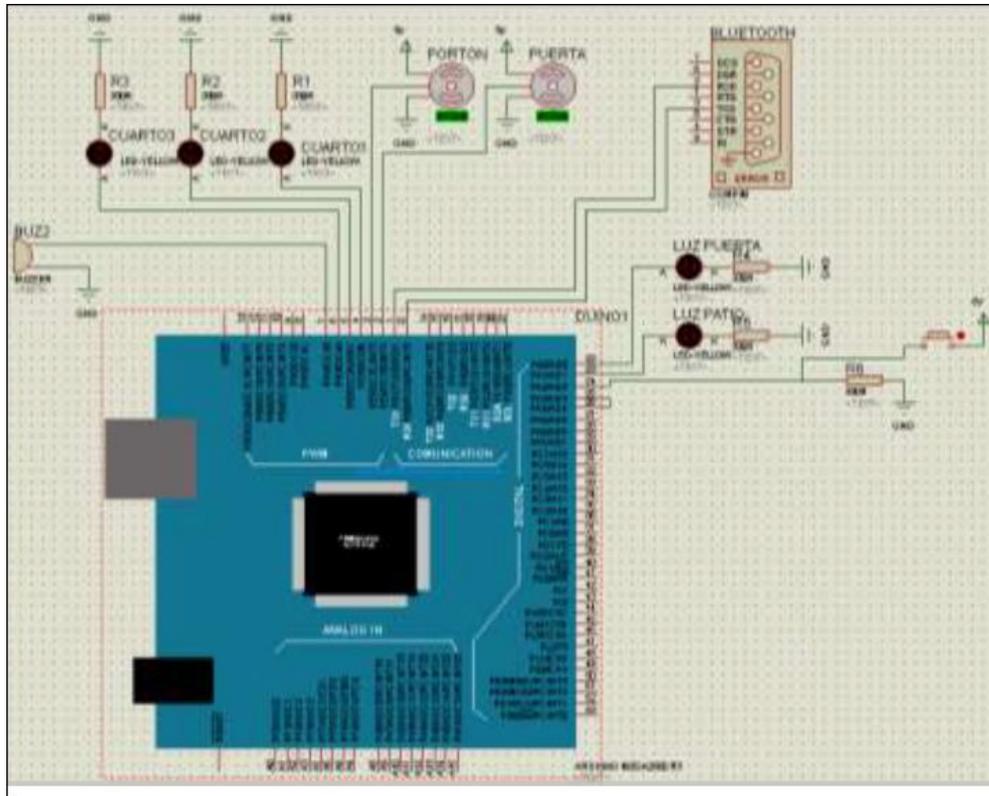


Fig. 16. Simulación en Isis de Proteus.

#### 4. Resultados

Se obtuvo una aplicación de costo accesible, sobretodo en la parte de control e interfaz con el usuario, se utilizaron distintos elementos que están al alcance del público de manera general, como Comunicación y Software libre, un dispositivo móvil que ya es muy común en la mayor parte de la sociedad y controladores confiables y de fácil manejo a un costo relativamente bajo. Se obtuvo una comunicación estable a un alcance determinado, el comportamiento real del sistema estuvo de acuerdo a las simulaciones previas.

#### 5. Conclusiones

Los avances en la tecnología electrónica, de control y comunicaciones, nos van proporcionando cada vez más elementos disponibles y accesibles para desarrollar aplicaciones que puedan beneficiar a más partes de la sociedad y generar conocimiento para estudiantes y docentes. La integración de distintos elementos en hardware y software de la aplicación mostrada se puede extender a más elementos para generar un sistema de más capacidad que proporciona las distintas ventajas que se pretenden con la domótica.

En los resultados obtenidos se demostró que para cierta clase de aplicaciones domóticas de bajos recursos se tiene un sistema suficientemente estable y confiable. Se describió una aplicación que puede potencializarse pero representa una alternativa económica. Se puede mejorar significativamente al tener elementos de mayor calidad y prestaciones, como en éste caso el alcance de la señal de comunicación y la seguridad en el sistema de control que son las áreas de oportunidad a mejorar en trabajos futuros en este mismo tema.

## Referencias

- [1] Huidobro J. M., Millán R. J. “*Domótica: edificios inteligentes*”, Creaciones COPIRIGHT España, 2004.
- [2] Junestrand S., Passaret X. Vázquez D. “*Domótica y Hogar Digital*”, Thomson Paraninfo, España, 2005.
- [3] Andaluz Ortiz, Víctor, Yépez Rodríguez, Juan. “*Diseño y construcción de un control domótico utilizando bluetooth por medio de un pda*”, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2008.
- [4]. S.L.Jin, W.S. Yu, S.C. Chung, A. “*Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee and Wi-Fi*, *Industrial Electronics Society*”. IECON 2007. 33<sup>rd</sup> Annual Conference of the IEEE. 2007.
- [5] Huidobro J. M., Millán R. J. “*Manual de Domótica*”, Creaciones COPIRIGHT España, 2010.
- [6] Brian W. Evans. “*Arduino Programming Handbook: a Beginner’s Reference*”, Editorial, USA, 2 edición, 2008.