

Implementación de una solución de domótica basado en las mejores soluciones y prácticas del mercado actual

Carlos López¹, Mateo Espinoza², Alfredo Barrientos Padilla³

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

RESUMEN

Los grandes avances tecnológicos se han producido una serie de artefactos electrónicos que mejoran la calidad de vida de la personas. Estos artefactos pueden visualizarse en el hogar como los electrodomésticos, equipos de entretenimiento o dispositivos de seguridad. Actualmente, existe una tecnología llamada domótica que consiste en automatizar los artefactos eléctricos del hogar. Esta tecnología presenta varias soluciones en el mundo, donde cada una tiene distintas maneras de implementación y propósitos. Por eso, los precios de los productos generados por estas soluciones son considerablemente altos para el mercado peruano y latinoamericano. Asimismo, estas soluciones presentan una carencia de soporte para estos mercados. Por estas razones, este artículo propone la implementación de una solución de domótica que utilizando un modelo definido basado en las mejores prácticas del mercado actual se pueda generar una solución de bajo costo, de gran alcance y que sea económicamente accesible para el mercado peruano y latinoamericano. Para esto se estudiará los actuales métodos de comunicación para la creación de los dispositivos de domótica. Además, se evaluará las soluciones existentes de

¹Ingeniero de Software de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Correo: callopezh@gmail.com

²Ingeniero de Software de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Correo: mtes1992@gmail.com

³Ingeniero de Sistemas de la Universidad de Lima
Correo: pcsiabar@upc.edu.pe

Los autores agradecen al Dr. David Mauricio Sánchez por la revisión del artículo y por brindarnos las recomendaciones necesarias para realizar el trabajo en mención. Asimismo, agradecemos al Ing. Alfredo Barrientos Padilla por su dedicación y asesoría sobre el proyecto en mención

López, C.; Espinoza, M. & Barrientos Padilla, A. (2015). Implementación de una solución de domótica basado en las mejores soluciones y prácticas del mercado actual. *Sinergia e Innovación*, 3(1), 88-120.

Fecha de recepción: 29/03/15

Fecha de aceptación: 30/04/15

domótica, obteniendo el conocimiento de sus problemáticas, resultados y recomendaciones para poder tener una base con la cual sustentar las mejoras y ventajas de la propuesta a desarrollar.

PALABRAS CLAVE

automatización del hogar, Bluetooth 4.0 Low Energy, casa inteligente, Latinoamérica, domótica.

Implementation of a domotics (home automation) solution based on the current market's best practices and solutions

ABSTRACT

Technological advances have created a number of electronic devices that improve our quality of life. These devices can be seen in our home as appliances, entertainment equipment or security devices. A current technology known as domotics or home automation that automatizes home electric appliances. This technology presents various solutions, each with their own implementation and purpose. As such, the products' prices are considerably high for the Peruvian and Latin American markets. Similarly, these solutions have no post-purchase support in these markets. For this reason, this article proposes a domotics solution based on the best practices on the market today that can create a low-cost solution that within the price point for the Peruvian and Latin American market. To do so, we have studied current methods of communication to create domotics devices.

KEYWORDS

home automation; Bluetooth 4.0 Low Energy; smart home; Latin America; domotics

1. Introducción

En los últimos años se han producido grandes cambios en la vida cotidiana de las personas, tanto dentro y fuera del hogar. Estos cambios específicamente se tratan de avances tecnológicos a nivel de hardware y software. Uno de estos avances tecnológicos es la domótica, la cual produce cambios positivos dentro del hogar.

La domótica ha evolucionado con el pasar de los años. Desde la creación de los electrodomésticos para ayudar en los quehaceres del hogar, brindando a las personas optimización, ahorro de tiempo y ahorro de energía; luego, con el pasar de los años, la creación de dispositivos para brindar mayor confort y entretenimiento a las personas, como las consolas de juegos, televisores, radios, reproductores portátiles, teléfonos móviles, etc.; y por último, aproximadamente en 1975, nace el concepto de casas inteligentes, donde empiezan los desarrollos de controladores para estos electrodomésticos o utensilios del hogar que no son automatizados (Harper, 2003).

Según la empresa SmartHome, la domótica es una tecnología que brinda un control remoto automático a una amplia gama de dispositivos en su hogar. La domótica puede alertarle sobre eventos que desee saber que estén ocurriendo a distancia mientras usted no esté allí, como las fugas de agua o el acceso inesperado a su hogar. Puede utilizar su dispositivo móvil u otro control remoto para poder cambiar la configuración de su hogar. Asimismo, la domótica permite dictar la manera en que los dispositivos puedan reaccionar, cuándo y cómo a distintos eventos para brindar la comodidad, control y ahorro de dinero en una casa inteligente (SmartHome, s.f.-b).

Esta tecnología es desarrollada por varias empresas que abogan por distintos métodos de comunicación para la implementación de sus controladores. Esto ocasiona que los precios de estos controladores sean altos y varíen entre ellas. Cabe resaltar que estas empresas no tienen el soporte necesario para el mercado latinoamericano (ver www.smarthome.com).

Por eso, en esta investigación se implementará una solución de domótica utilizando un modelo definido basado en soluciones actuales y mejores prácticas vigentes en el mercado para que sea económicamente accesible para el mercado peruano y latinoamericano. Se estudiará los diferentes métodos de comunicación actuales y las propuestas de solución con domótica para poder definir el modelo que nos ayudará a cumplir con el objetivo mencionado.

El resto de éste trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se muestra la revisión de la literatura correspondiente a la propuesta a desarrollarse. La sección 3 describe el proceso mediante el cual se inició y desarrolló la propuesta a la problemática planteada. Los puntos de evaluación y resultados obtenidos para la obtención de resultados con respecto a la propuesta desarrollada se describen en la sección 4. Finalmente las conclusiones son descritas en la sección 5.

2. Revisión de la Literatura

2.1 Métodos de comunicación

Zigbee

El autor Y. Usha Devi quiere demostrar que los dispositivos como lámparas, ventiladores, televisión, etc. de la casa pueden ser controlados mediante un medio que no sea por un dispositivo de interacción física por parte del usuario. Por esta razón, los autores abogan que el sistema que han desarrollado es razonablemente barato, fácil de configurar y fácil de ejecutar.

Los autores citan a la solución de uControl, donde exponen que la solución puede controlar los dispositivos de seguridad, iluminación, entretenimiento, etc., pero esto requiere un esfuerzo de interactividad física del usuario con el panel presentado a continuación.

Figura 1 Panel Táctil de la empresa uControl

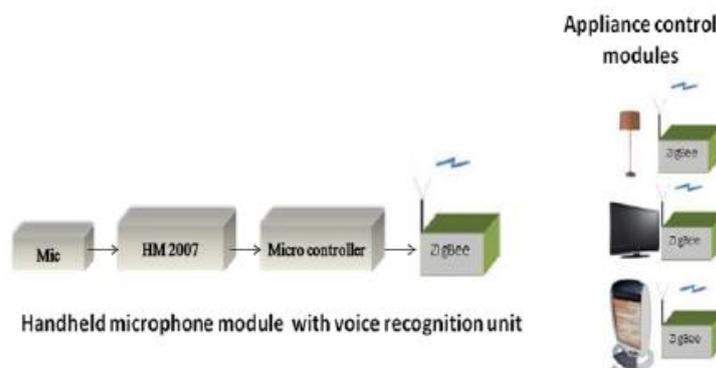


Fuente: Devi, 2012

Por esta razón, los autores proponen una solución donde los usuarios puedan interactuar con los mismos dispositivos, pero por voz (Devi, 2012).

Los autores llaman a su solución The Home Automation System Wireless (WHAS), el cual es un sistema integrado para facilitar a las personas mayores y con discapacidad un sistema de automatización del hogar fácil de usar que pueda ser completamente operado sobre la base de los comandos de voz. El sistema está construido de tal manera que es fácil de instalar, configurar, ejecutar y mantener (Devi, 2012). A continuación, la arquitectura física.

Figura 2 Arquitectura física de WHAS



Fuente: Devi, 2012

Una vez que los comandos de voz son reconocidos, estos son enviados a la dirección del dispositivo especificado a través del protocolo de comunicación de ZigBee.

Zigbee es el protocolo de comunicación inalámbrica de baja potencia diseñada para el seguimiento y control de los dispositivos. Proporciona una solución robusta y fiable en la radio ruidosa frecuencia (RF) de entornos.

Las características de ZigBee incluyen la detección de la energía, la evaluación del canal de comunicación y la agilidad que ayuda a los dispositivos a escoger el mejor canal posible y evitar otras redes inalámbricas.

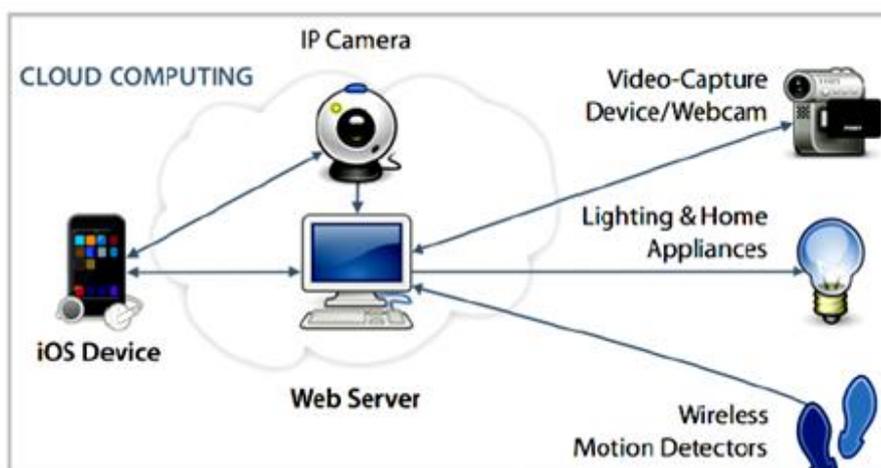
En conclusión, el prototipo desarrollado por los autores puede controlar dispositivos eléctricos en una casa u oficina. El sistema implementa unidad de reconocimiento de voz utilizando el HM 2007. El sistema implementa la red inalámbrica mediante módulos ZigBee RF por su eficiencia y bajo consumo (Devi, 2012).

Los autores mencionan que para versiones mejoradas del prototipo, este brindará:

- Comandos de confirmación por el sistema de reconocimiento de voz.
- Mejorar la versatilidad del sistema, tales como proporcionar comandos de control distintos de ON / OFF comandos. Por ejemplo "aumento de la temperatura", etc.
- Integración de un servidor móvil para operar desde una distancia.

Powerline

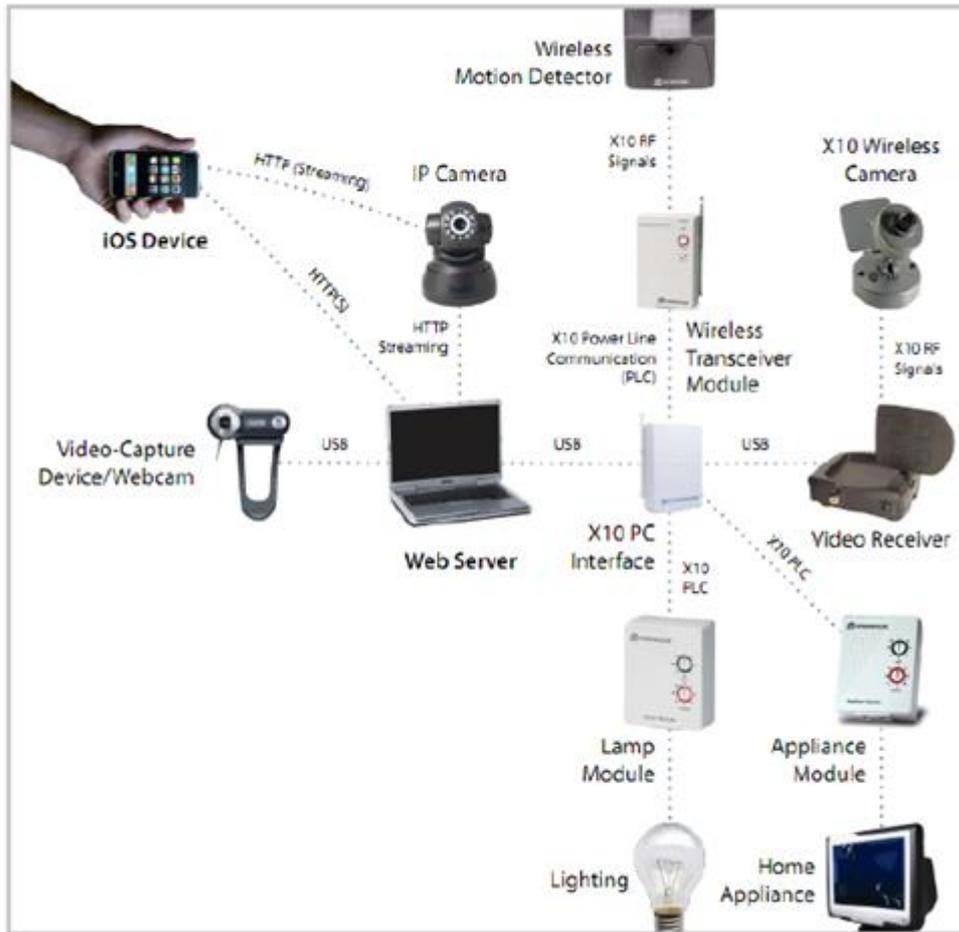
Figura 3 Arquitectura física de la solución con cloud computing



Fuente: Das, Chita, Peterson, Shirazi, & Bhadkamkar, 2010.

Los autores Das, Chita, Peterson, Shirazi, & Bhadkamkar (2010) quieren principalmente demostrar que se pueden controlar los componentes eléctricos del hogar desde un dispositivo móvil usando los conceptos de Cloud Computing con la liberación de Web Services para el consumo desde una aplicación móvil, web o escritorio. Los autores inician la implementación desarrollando el modelo a nivel de hardware de cómo sería la solución, indicando la comunicación y las acciones que haría cada dispositivo.

Figura 4 Diagrama de comunicación entre los dispositivos



Fuente: Das, Chita, Peterson, Shirazi, & Bhadkamkar, 2010.

Asimismo, se hace premisa que los dispositivos domóticos se comunican por PowerLine. Esta tecnología de comunicación permite que los dispositivos de domótica se envíen señales por la corriente alterna del hogar. Es importante mencionar que los equipos de domótica utilizados son de la empresa Active Home Pro (Das, Chita, Peterson, Shirazi, & Bhadkamkar, 2010).

Por otro lado, para la implementación de los web services, han sido desarrollados en el servidor local XAMP, liberando funciones en el lenguaje de programación PHP para poder accionar componentes eléctricos como: una bombilla de luz, un televisor, una grabadora y una cámara IP. Es importante mencionar que el servidor web sería una computadora doméstica, la cual tendría salida a Internet (Das, Chita, Peterson, Shirazi, & Bhadkamkar, 2010).

Figura 5 Interfaz de la aplicación móvil

Fuente: Das, Chita, Peterson, Shirazi, & Bhadkamkar, 2010.

Por último, iniciaron con la creación de la aplicación móvil en iOS de manera nativa, consumiendo los servicios para poder accionar los componentes ya mencionados.

En conclusión, los autores mencionan que su modelo puede ser reutilizado en varios dispositivos móviles como Android y Blackberry. También, mencionan que la manera de instalación y uso es

fácil para los usuarios comunes de teléfonos móviles(Das, Chita, Peterson, Shirazi, &Bhadkamkar, 2010).

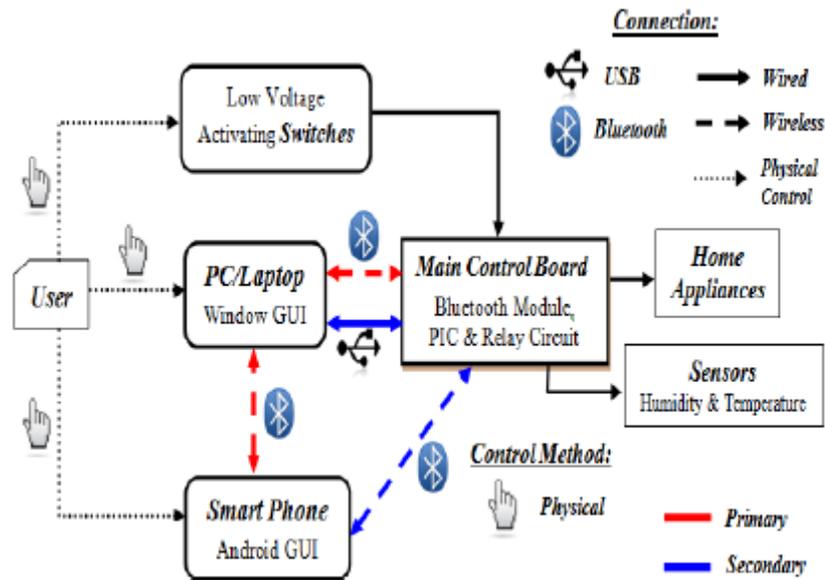
Bluetooth

Según los autores R. A. Ramlee, et al. (2013), la automatización del hogar es una gran oportunidad de investigación en la creación de nuevos campos en la ingeniería. Sin embargo, mencionan que los usuarios finales, especialmente los discapacitados y ancianos, debido a su complejidad y costo, no siempre aceptan estos sistemas. Por eso, los autores presentan una solución de bajo costo y control remoto inalámbrico de los componentes eléctricos del hogar. Este sistema está diseñado para ayudar y prestar apoyo con el fin de cumplir con las necesidades de los ancianos y discapacitados en el hogar.

Los autores exponen que las soluciones de domóticas que sólo se enfocan en la interacción inalámbrica de los componentes generan problemas en las personas que accionan los componentes manualmente. Por eso, aboga que al tener una placa que controle todas las acciones automáticas y manuales soluciona el problema. Asimismo, que esta placa puede interactuar con laptops, PC o teléfonos móviles (Ramlee, et al., 2013).

Asimismo, en términos de costo, los autores mencionan que usan micro controladores de bajo de costo como el módulo Bluetooth, que de por sí es de bajo costo. De esta manera, los autores presentan su diagrama funcional de la solución que han implementado usando como principal medio de comunicación entre los dispositivos el Bluetooth (Ramlee, et al., 2014).

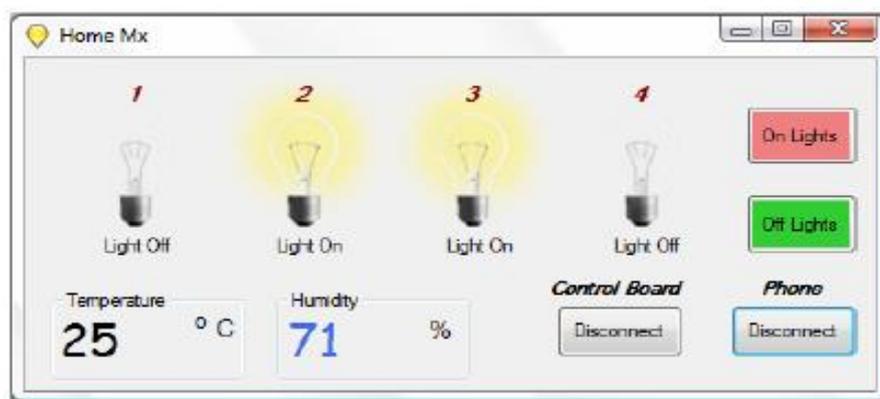
Figura 6 Diagrama funcional de la solución



Fuente: Ramlee, et al., 2013

La función principal la placa controladora es guardar todos los estados de los componentes que está automatizando para que las diferentes interfaces de usuario puedan visualizar la misma información de cada componente, donde los autores muestran el diseño de la placa controladora explicando la alimentación y funcionalidad de cada módulo del circuito (Ramlee, et al., 2013).

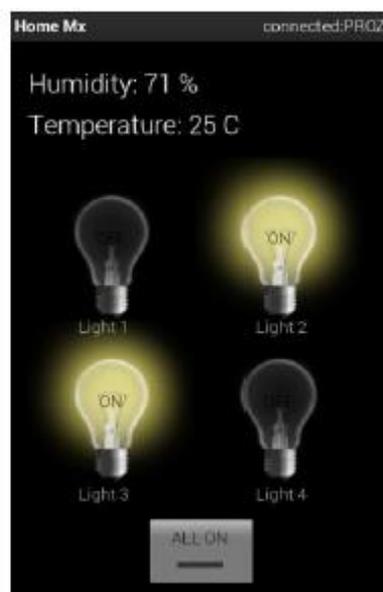
Figura 7 Interfaz de la aplicación de escritorio



Fuente: Ramlee, et al., 2013

Finalmente, mencionan que el software que se encuentra instalado en la interfaz de usuario tiene la funcionalidad de enviar las acciones de los diferentes componentes de domótica para que la placa controladora los accione de acuerdo al requerimiento. A continuación, se muestran las pantallas de las aplicaciones (Ramlee, et al., 2013).

Figura 8 Interfaz de la aplicación en Android



Fuente: Ramlee, et al., 2013

Los autores concluyen que de esta manera cualquier dispositivo de interfaz de usuario que sea orientado para cada tipo de usuario, pueda interactuar con los diferentes componentes eléctricos del hogar de una manera fácil y de bajo costo (Ramlee, et al., 2013).

2.2 Soluciones existentes con domótica

Solución para personas de la tercera edad

Los autores Meulendijk, Van de Wijngaert, Brinkkemper, y Leenstra (2011) analizan la problemática exponiendo que en los próximos treinta años el 25% de la población holandesa va a estar conformada por personas de la tercera edad. Estas personas de la tercera edad pueden vivir en sus casas hasta que sus capacidades físicas y psicológicas lo permitan, luego van a necesitar cuidados a domicilio por parte de una enfermera o podrán ir a una casa de reposo.

Con la creciente población de personas de la tercera edad, los costos de estos servicios van a aumentar, por otro lado, existe un alto deseo por estos adultos mayores en querer seguir viviendo por sus propios medios, creando la necesidad de un sistema que los ayude a superar las dificultades que se les presentan en el día cotidiano.

El principal problema que se le presenta los autores es el diseño de las interfaces, debido a que su público objetivo son personas que han tenido poco o ningún contacto con la tecnología. Por lo que el autor propone crear ambientes inteligentes, los cuales mediante la ayuda de la inteligencia artificial pueda disminuir la dificultad de usar los diversos electrodomésticos que han sido automatizados (Meulendijk, et al., 2011).

Los autores dicen que la implementación de este sistema conlleva a una remodelación del hogar para que todos los nuevos dispositivos puedan entrar y no interrumpir con las actividades del adulto mayor. Asimismo, identifican ocho dimensiones de impertinencia que los usuarios pueden reconocer en los ambientes inteligentes que plantea (Meulendijk, et al., 2011).

- Dimensión física: molestias físicas, como obstrucciones, ruido o incongruencia estética.
- Dimensión usabilidad: falta de facilidad de uso y accesibilidad.
- Dimensión de privacidad: invasión de privacidad y violación del espacio personal.
- Dimensión de función: mal funcionamiento del sistema o de la apreciación errónea de las situaciones.
- Dimensión interacción humano: falta de respuesta humana en situaciones de emergencia y el temor a los efectos perjudiciales sobre las relaciones.
- Dimensión auto concepto: símbolo de la pérdida de la independencia, lo que puede conducir a la vergüenza.
- Dimensión de rutina: la interferencia de las actividades diarias y la adquisición de nuevas actividades.
- Dimensión de la sostenibilidad: preocupación por la accesibilidad o las capacidades futuras.

Además de las ocho dimensiones de impertinencia, los autores proponen cinco capas de inteligencia ambiental (Meulendijk, et al., 2011):

- Incorporado: sensores para los servicios de inteligencia ambiental se encajan físicamente en entornos, de tal forma que los usuarios apenas notan su presencia.
- Contexto consciente: los equipos son conscientes en el entorno, de la misma forma que los usuarios, lo que le permite al ambiente tomar decisiones más acertadas.
- Personalización: el sistema utiliza la información del ambiente en relación con los perfiles de los usuarios para determinar sus acciones.
- Adaptación: el sistema utiliza la información del ambiente para determinar sus acciones y automáticamente se adapta a él.
- Anticipación: el sistema analiza los ambientes y se adapta de antemano para evitar situaciones no deseadas.

Figura 9 Cruce de las ocho dimensiones de impertinencia y las cinco capas de inteligencia artificial

		Obtrusiveness Dimensions							
		Physical	Usability	Privacy	Function	Human Interaction	Self-Concept	Routine	Sustainability
Layers (Degree) of Ambient Intelligence	Embedding >	non-acceptive	non-adaptive	protective	not relying	preferring human care	determined to control	attached	not investing
	Context-awareness >	reluctantly acceptive	reluctantly adaptive	acceptive if safety guaranteed	reluctantly relying	preferring combination	reluctantly willing to surrender control	reluctantly accepting disturbance	reluctantly investing
	Personalization >	reluctantly acceptive	reluctantly adaptive	acceptive if safety guaranteed	relying with limits	preferring combination	reluctantly willing to surrender control	reluctantly accepting disturbance	reluctantly investing
	Adaptation >	eagerly acceptive	reluctantly adaptive	easily acceptive	easily relying	preferring domotics	eagerly willing to surrender control	eagerly accepting disturbance	eagerly investing
	Anticipation >	eagerly acceptive	reluctantly adaptive	easily acceptive	easily relying	preferring domotics	eagerly willing to surrender control	eagerly accepting disturbance	eagerly investing

Figure 2: Respondents' attitudes towards ambient intelligent domotics, divided by obtrusiveness aspect, mapped to the implementation layers of ambient intelligence.

Fuente: Meulendijk, et al., 2011

Los autores aseguran que usando estas cinco capas en el ambiente inteligente se podrá resolver a las ocho dimensiones de impertinencia y así ofrecerles una mejor calidad de vida a las personas de la tercera edad.

Solución aplicando inteligencia artificial

Por otro lado, otra de las soluciones de ambiente con domótica es reforzar el hogar con la tecnología de la inteligencia artificial. Esto otorga al hogar el aprendizaje de las acciones que

realiza el usuario, activando o desactivando componentes eléctricos, en determinado momento, hora, estado, etc., para que luego el hogar lo haga por él (Kumar, & Qadeer, 2012).

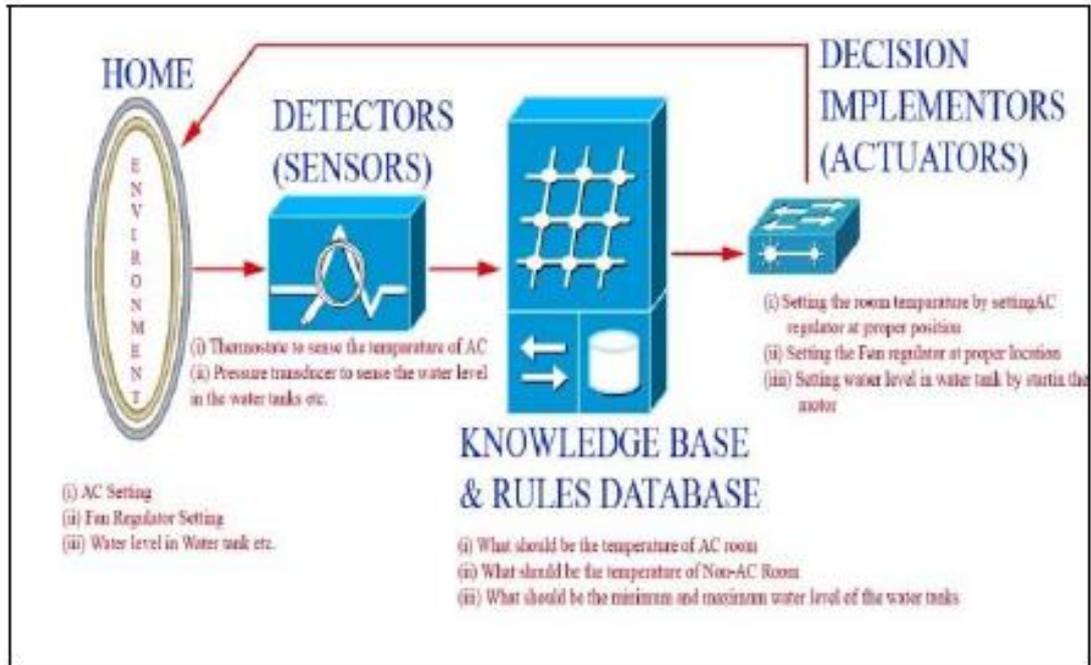
De esta manera, los autores Sandeep Kumar y Mohammed Abdul Qadeer (2012) mencionan que los objetivos principales de la domótica son el control, gestión y coordinación de los electrodomésticos en una manera cómoda, eficaz y segura. Asimismo, mencionan que la inteligencia artificial (IA) está evolucionando como una tecnología para el desarrollo de sistemas automáticos, capaces de percibir el medio ambiente, aprender del medio ambiente y generar una decisión de acuerdo al razonamiento basado en casos.

Según los autores, un sistema domótico proporciona un gran número de servicios que en términos generales se clasifican en las siguientes cuatro categorías:

- La gestión de aparatos
- Control remoto de electrodomésticos
- Utilización eficiente de los recursos del hogar
- Mejorar la seguridad en el hogar

Por otro lado, definen que un sistema basado en conocimiento del sistema (KBS, o *knowledge based system* en inglés) es una IA basada en un sistema que contiene una cantidad significativa de conocimiento de forma explícita, declarativa. De esta manera, presenta su arquitectura funcionalidad del modelo propuesto:

Figura 10 Arquitectura funcionalidad del modelo propuesto

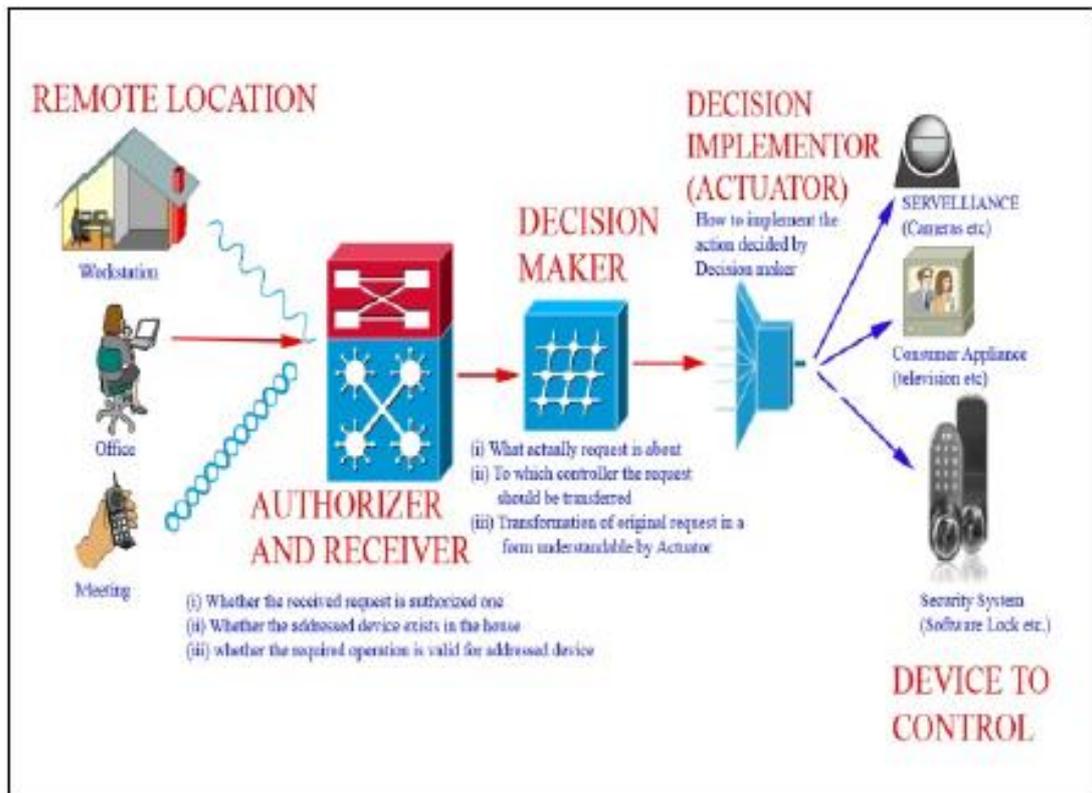


Fuente: Kumar & Qadeer, 2012

Básicamente se puede visualizar que los actuadores y los sensores están conectados a una base de conocimiento. Donde se guarda toda la información necesaria para el aprendizaje del mismo sistema (Kumar & Qadeer, 2012).

Ahora, tomando esta premisa, los autores exponen el modelo con una integración con interfaces de usuario, donde se puede monitorear y accionar los componentes electrónicos. Es decir, un modelo de inteligencia artificial integrado a un modelo típico de domótica.

Figura 11 Arquitectura funcionalidad del modelo propuesto



Fuente: Kumar & Qadeer, 2012

Finalmente, los autores mencionan los casos donde se puede utilizar la IA en los diferentes sistemas de domótica.

- El uso de la IA en sistemas confortables

En estos sistemas la aplicación de la IA está limitada, ya que la mayoría de estos puede ser fácilmente implementada utilizando algún circuito de electrónica. Aquí la única parte en la que la IA es efectiva es la base de datos basada en el conocimiento que debería estar en constante aprendizaje, para que el sistema sea realmente cómodo.

- El uso de la IA en sistemas de control remoto

En estos sistemas de IA puede aplicar el autorizador en la etapa de toma de decisiones. El autorizador aumentará la capacidad de respuesta y la seguridad y es más aplicable cuando

el ambiente en cuestión es una industria donde la seguridad es una preocupación importante, por ejemplo, los bancos. Por otro lado, la toma de decisiones puede ser utilizada para el caso de razonamiento eficaz y eficiente.

- El uso de la IA en optimización del desempeño de recursos

Se utiliza para aplicar la base de conocimiento para que el analizador sea más eficiente en la decisión de la acción. Por otra parte, si el analizador puede aprender de su experiencia, entonces hará que el sistema sea más optimizado.

- El uso de la IA en sistema de seguridad

Aquí podemos aplicar las siguientes herramientas de la IA para diversas aplicaciones:

- Procesamiento de video para el análisis de amenaza de seguridad.
- Procesamiento de imágenes para el análisis de amenaza de seguridad.
- Procesamiento de audio para el análisis de amenaza de seguridad.
- Sistema de Banco de conocimientos de base de datos del sistema de seguridad
- Razonamiento de los casos basados en analizador y sintetizador.
- Toma de Decisiones en Verificación de la Seguridad y la Decisión de Fabricación.

Solución aplicando los productos de una empresa

En este caso, INSTEON es una empresa que produce dispositivos de domótica. Por eso, ha publicado un artículo donde explica por qué se deben usar sus productos para la creación de ambientes inteligentes con la tecnología de la domótica. La empresa menciona que INSTEON es una tecnología de red de banda dual optimizada, rentable para la gestión y control del hogar. Los productos de INSTEON pueden interactuar entre sí y con la gente, para generar las nuevas formas que mejoren el confort, la seguridad, la conveniencia y el valor de los hogares de todo el mundo. Los productos de INSTEON se comunican por la tecnología PLC (*power line communication*) y RF (radio frecuencia) (Insteon, 2013).

Por otro lado, INSTEON lista las aplicaciones que se pueden generar con sus controladores (Insteon, 2013):

- Incorporación de sensores, calefacción, aire acondicionado, electrodomésticos, iluminación y seguridad
- Control remoto de audio y video
- Administrador de energía
- Control remoto vía Internet
- Interoperación con reconocimiento de voz y respuesta

Asimismo, la empresa menciona que la tecnología INSTEON puede interoperar con otros dispositivos que se comunican con WiFi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4), Z-Wave, WiMax (IEEE 802.16), HomePlug, HomeRF, Intellon, EchelonLonworks, CEBus (EIA-600), u otra tecnología de futuro (Insteon, 2013).

La empresa también cuenta con un software descargable para PC o dispositivos móviles para el control remoto de sus dispositivos, asegurando su actualización por nuevos desarrollos y avances tecnológicos. Para los desarrolladores, la empresa ha publicado su propia biblioteca de herramientas mencionando que:

“The purpose of this site is to enable home automation enthusiasts with the tools they need to develop their own cool ideas with INSTEON technology. Everything here is open source and available to everyone.” (“Insteon – Home”, s.f.)

Con traducción propia:

“El propósito de este sitio es permitir a los entusiastas de la automatización del hogar brindarles las herramientas que necesitan para desarrollar sus propias ideas frescas con la tecnología INSTEON. Todo aquí es de código abierto y disponible para todos.”

Con esta biblioteca de herramientas, se pueden generar soluciones para las distintas necesidades que la empresa no haya percibido. Cabe resaltar, que es una librería realizada en la tecnología de Microsoft, lo cual facilita el acceso y entendimiento de la mayoría de desarrolladores (“Insteon – Home”, s.f.).

En conclusión, la empresa asegura que sin una tecnología de infraestructura de red, no puede haber esperanza para una mayor comodidad, seguridad, conveniencia y valor producido a través de la interactividad. Asimismo, no todas las soluciones que son competencia de INSTEON son

fiables, de bajo costo y simples, por eso, la empresa recalca que sus productos respetan los estándares para cumplir estos propósitos.

3. Propuesta

3.1 Definición del modelo

Luego de la inspección realizada, se decidió que los dispositivos de domótica que se fabricarán utilizarán la tecnología de comunicación Bluetooth 4.0 Low Energy donde, a diferencia de sus anteriores versiones, este presenta un mayor alcance de hasta 100 metros, bajo precio en el mercado y bajo consumo de energía. Asimismo, tendrá el soporte para el mercado latinoamericano, debido a que el dispositivo funcionará en ambientes de 220 voltios.

De esta manera, se hace premisa de los autores Carles Gómez, Joaquim Oller y Josep Paradells (2012), quienes mencionan que la tecnología de comunicación Bluetooth Low Energy es la mejor opción para realizar dispositivos de comunicación como lo recomienda la “*internet of things*” (en castellano, el “internet de las cosas”). También provee de todo rendimiento necesario con baja energía, lo que atribuye a que la energía restante beneficie a los demás componentes del dispositivo en desarrollo.

También, la empresa LITEPOINT, especialista en soluciones avanzada para dispositivos inalámbricos, realizó un artículo sobre la tecnología Bluetooth Low Energy donde asegura que (Litepoint, 2012):

- La interoperabilidad es a nivel mundial, donde todos los dispositivos que emiten y reciben señal para el público tienen esta tecnología.
- Es robusto, ya que a pesar de que existe otra conexión inalámbrica como el wifi, este no pierde la transmisión de datos.
- Sencillo, debido a que mantiene su tamaño como sus anteriores versiones, respetando su arquitectura física.
- Bajo costo, esto permite a los fabricantes diseñar dispositivos diminutos, de modo único con reducción de los costos en producción.
- Eficiente, para la transmisión de pequeñas cantidades de información en comparación a otras tecnologías.

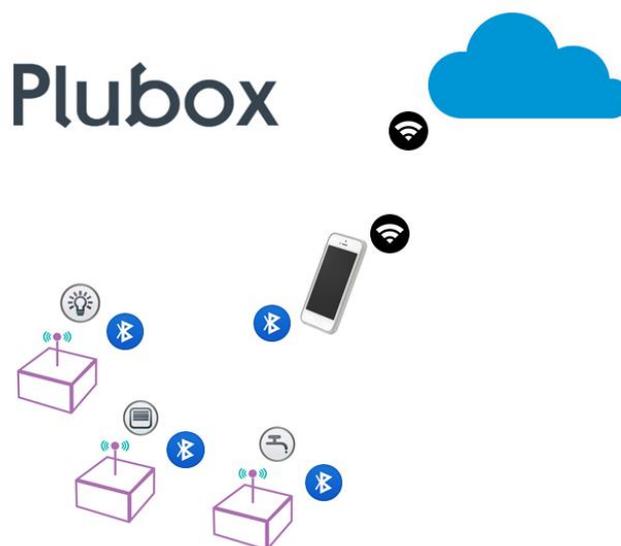
- La latencia de tiempo de respuesta se ha reducido considerablemente con las otras tecnologías de comunicación al de tener un menor igual de tresmilisegundos.
- El rango de alcance se ha mejorado brindando 100 metros en lugares abiertos y sesentametros en lugares con interferencias de objetos o paredes.

Ahora con estos estudios se puede concluir que el modelo presentado puede solucionar la problemática presentada. Para poder demostrar lo sustentado en líneas anteriores, se realizará la implementación del modelo, generando una solución de domótica con las especificaciones mencionadas.

Implementación de una solución utilizando el modelo

La implementación del modelo tendrá como nombre “Plubox” y se basa en el control de dispositivos de domótica, desde una aplicación móvil, utilizando el modelo planteado en líneas anteriores.

Figura 12 Arquitectura física de la implementación de la solución



Fuente: Elaboración propia

Aplicación móvil

La aplicación móvil se encuentra en la plataforma de iOS, utilizando la tecnología de *text to speech* (lectura de texto) y *speech recognition* (reconocimiento de habla) para mejorar la interactividad con el usuario. Cabe resaltar que la aplicación ha sido desarrollada respetando los

estándares que la empresa Apple ha regido en su documentación para el desarrollo de aplicaciones en iOS (ver developer.apple.com).

La aplicación se comunica con los dispositivos de domótica mediante Bluetooth Low Energy versión 4, lo cual agiliza el envío de los eventos y se puede asegurar la transmisión del 100% de datos.

La aplicación cuenta con 4 módulos, los cuales son:

- Módulo de autenticación
- Módulo de ambientes
- Módulo de dispositivos
- Módulo de control por voz

Módulo de autenticación

Este módulo brinda la seguridad al usuario, donde la aplicación se conecta a un web service que requiere las credenciales necesarias para que el usuario se pueda autenticar en el sistema donde, si es afirmativo, lo redirige al menú principal de la aplicación.

Figura 13 Pantalla del módulo de autenticación

Bienvenido a Plubox

Iniciar Sesión

Correo Electrónico

Contraseña

Entrar

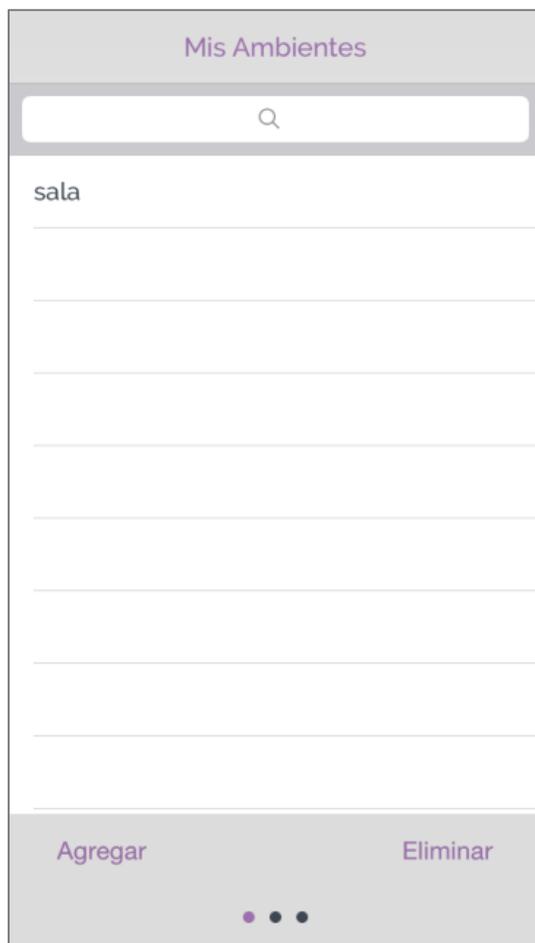
¿Haz olvidado tu contraseña?

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, también cuenta con la opción de envío de credenciales, debido al posible olvido de estos por parte del usuario.

Módulo de ambientes

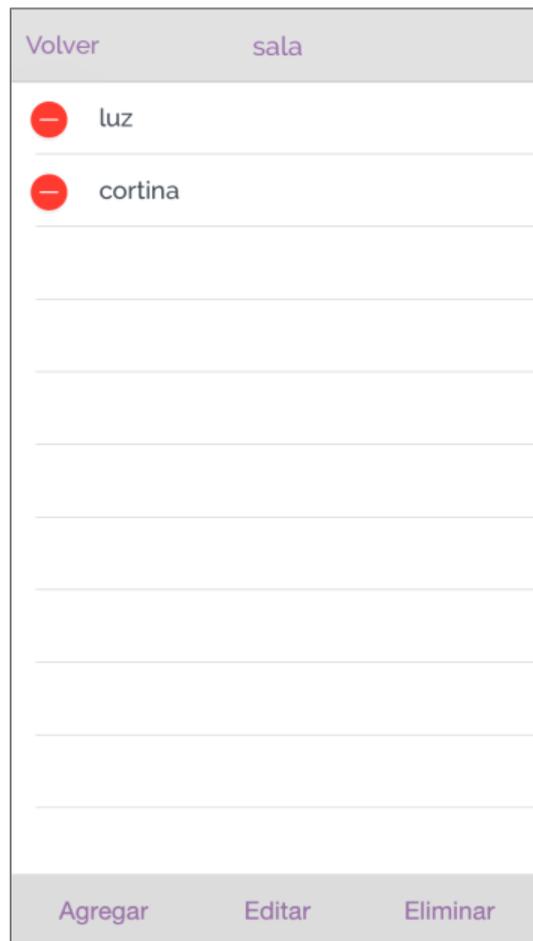
En este módulo el usuario puede administrar los ambientes del hogar. Para que en estos, se pueda administrar los dispositivos de domótica.

Figura 14 Pantalla del módulo de ambientes

Fuente: Elaboración propia

Módulo de dispositivos

Figura 15 Pantalla del módulo de dispositivos



Fuente: Elaboración propia

En este módulo el usuario puede administrar los dispositivos de domótica usando el rastreador de Bluetooth Low Energy para aparear los dispositivos no usados en toda la aplicación y puedan ser registrados como dispositivos dentro de un ambiente.

Figura 16 Pantalla actualización de un dispositivo

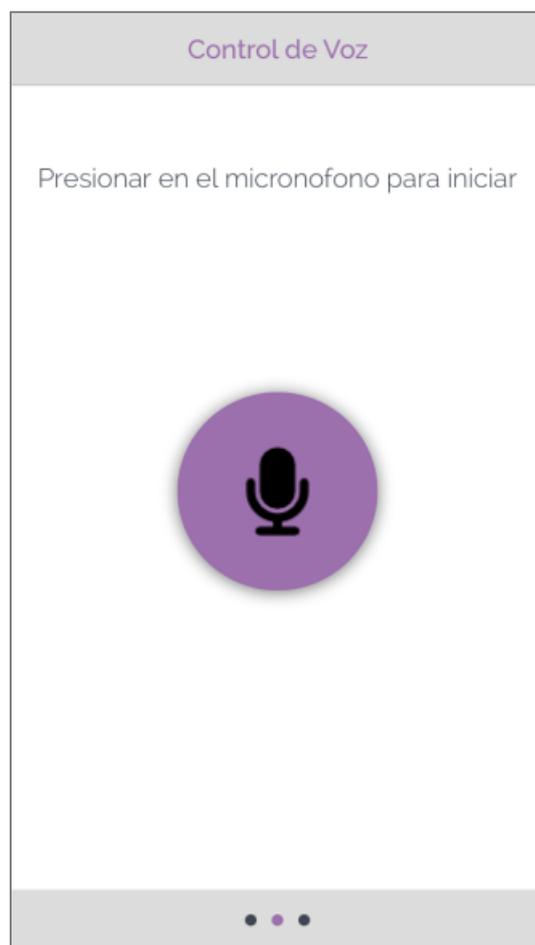
Volver	Actualizar
Nombre Dispositivo	
<input type="text" value="cortina"/>	
Nombre para el comando de voz	
<input type="text" value="cortina"/>	
Tipo de dispositivo	
Lámpara	
Cortina	
Regadío	
Actualizar	

Fuente: Elaboración propia

Módulo de control por voz

Con este módulo el usuario puede controlar los dispositivos de domótica utilizando comandos de voz. Para esto se utilizó la tecnología de *speechrecognition* para el reconocimiento de voz y la tecnología *textto speech* para que la aplicación responda por voz los resultados de la acción (Microsoft, s.f.-a, s.f.-b).

Figura 17 Pantalla del módulo de control por voz



Fuente: Elaboración propia

Dispositivos de domótica

Controlador de iluminación para lámparas

Este dispositivo tiene la funcionalidad de controlar la iluminación de las lámparas, brindando las opciones de encendido, apagado y modificar la iluminación con base a porcentajes para el gusto del usuario.

Figura 18 Controlador de iluminación para lámparas, vista 1



Figura 19 Controlador de iluminación para lámparas, vista 2



Figura 20 Controlador de iluminación para lámparas, vista 2



Fuente: Elaboración propia

Controlador de cortinas

Este dispositivo tiene la funcionalidad de controlar el abrir y cerrar de una cortina, dando la posibilidad de calibrar el controlador dependiendo de la cortina.

Figura 21 Controlador de cortinas, vista 1



Figura 22 Controlador de cortinas, vista 2



Figura 23 Controlador de cortinas, vista 3



Fuente: Elaboración propia

Controlador de regadío

Este dispositivo tiene la funcionalidad de controlar el abrir y cerrar de una cortina, dando la posibilidad de calibrar el controlador dependiendo de la cortina.

Figura 24 Control de riego, vista 1**Figura 25 Control de riego, vista 2****Figura 26 Controlador de riego, vista 3**

Fuente: Elaboración propia

4. Validación

Para la validación del modelo definido se aplicaron los siguientes puntos:

4.1 Alcance de comunicación

Las pruebas del alcance de comunicación se realizaron en dos tipos de ambientes.

El primer tipo, es de ambientes abiertos, donde se comprobó que el dispositivo tiene un alcance de aproximadamente de 100 metros, cabe resaltar que este puede ser mayor llegando aproximadamente a 120 metros dependiendo del ambiente. De esta manera, se valida lo mencionado en el *datasheet* (hoja de datos) del módulo Bluetooth Low Energy (Tinsyine, s.f.).

El segundo tipo, es de ambientes con obstáculos donde se comprobó que el dispositivo tiene un alcance de aproximadamente de 60 metros, pero este empieza a reducir si el número de paredes u objetos entre el dispositivos y el móvil aumenta.

4.2 Soporte para Latinoamérica

Cada dispositivo fue implementado en ambientes de 220 voltios, realizándose pruebas continuas en cada momento que se conectaba el dispositivo a la corriente alterna para verificar su funcionamiento.

4.3 Costo

En comparativa de las soluciones actuales en el mercado y con el bajo costo de los módulos de electrónica utilizados para el desarrollo de cada componente, se pudo lograr lo siguiente:

Controlador de iluminación para lámparas

Tabla 1 Comparativa de precios del controlador de iluminación para lámparas entre las empresas vigentes y la solución implementada

Empresa	Precio en Dólares	Cambio de Dólares Americanos a Nuevos Soles Peruanos	Precio en Nuevos Soles Peruanos
INSTEON	47.03	2.80	131.68
LUTRON	84.92	2.80	237.78
Propio	-	-	94.90

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Amazon, s.f.-a; Amazon, s.f.-b; y datos propios

Controlador de cortinas

Tabla 2 Comparativa de precios del controlador de cortinas entre las empresas vigentes y la solución implementada

Empresa	Precio en Dólares	Cambio de Dólares Americanos a Nuevos Soles Peruanos	Precio en Nuevos Soles Peruanos
CURTAIN CALL	319.00	2.80	893.20
INSTEON	228.00	2.80	638.40
Propio	-	-	186.3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Amazon, s.f.-c; Envious Technology, s.f.; y datos propios

Controlador de riego

Tabla 3 Comparativa de precios del controlador de riego entre las empresas vigentes y la solución implementada

Empresa	Precio en Dólares	Cambio de Dólares Americanos a Nuevos Soles Peruanos	Precio en Nuevos Soles Peruanos
RACHIO	249.00	2.80	697.20
INSTEON	124.99	2.80	349.97
Propio	-	-	153.00

Fuente: Elaboración propia a partir de SmartHome, s.f.-a, Rachio, s.f. y datos propios.

Multiplataforma

De acuerdo a las pruebas realizadas, se concluyó que los dispositivos de domótica desarrollados, los cuales utilizan la tecnología Bluetooth Low Energy, sólo se puede aparear con los equipos móviles que presenten los siguientes sistemas operativos:

- - Mayores a iOS 5 (Apple)
- - Mayores a Android 4.3 (Google)

Las demás empresas que producen dispositivos móviles aún se encuentran en desarrollo para el soporte de esta tecnología.

5. Conclusiones

Se ha logrado un modelo de gran alcance de comunicación, de bajo costo y de bajo consumo de energía, donde se ha demostrado el óptimo funcionamiento de cada controlador por el uso de la tecnología Bluetooth 4.0 Low Energy.

Asimismo, estos controladores se han implementado en ambientes de 220 voltios garantizando el soporte al mercado latinoamericano.

Con estas afirmaciones se puede concluir que el modelo definido soluciona la problemática expuesta en el artículo.

Referencias

- Amazon. (s.f.-a). Insteon 2457D2 LampLinc INSTEON Plug-In Lamp Dimmer Module Dual-Band, 2-Pin [página web]. Recuperado de http://www.amazon.com/Insteon-2457D2-LampLinc-INSTEON-Dual-Band/dp/B003IHTZDU/ref=sr_1_2?s=hi&ie=UTF8&qid=1404370797&sr=1-2&keywords=insteon+dimmer.
- Amazon.(s.f.-b). Lutron MRF2-600MTHW-WH Maestro Wireless 600-Watt Multi-Location Dimmer with Controller and Wallplate, White [página web].Recuperado de <http://www.amazon.com/Lutron-MRF2-600MTHW-WH-Multi-Location-Controller-Wallplate/dp/B003U8Y9QA>.
- Amazon.(s.f.-c). Electric Remote Controlled Drapery System W/8' Track Center Opening & Ceiling Mount Brackets [página web].Recuperado de http://www.amazon.com/Electric-Controlled-Drapery-Opening-Brackets/dp/B0056B8Y4C/ref=sr_1_1?s=hi&ie=UTF8&qid=1404371471&sr=1-1&keywords=curtains+lutron.
- Das, S. R., Chita, S.; Peterson, N., Shirazi, B. & Bhadkamkar, M. (2010). *Home Automation and Security for Mobile Devices*. Articulo presentado en Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2011 IEEE International Conference. <http://dx.doi.org/10.1109/PERCOMW.2011.5766856>.
- Devi, Y. U. (2012). Wireless Home Automation System Using ZigBee. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(8), 133-138.
- Envious Technology.(s.f.).INSTEON solutions - Smartphone control of blinds curtains and shutters [página web]. Recuperado de <http://www.envioustechology.com.au/insteon/solution.php?ID=26>.
- Gómez, C., Oller, J. & Paradells, J. (2012). Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. *Sensors*, 12(9): 11734–11753. <http://dx.doi.org/10.3390%2Fs120911734>.
- Harper, R. (Ed.).(2003). *Inside the SmartHome*. London: Springer-Verlag.

- Insteon. (2013). Whitepaper: the details. Recuperado de <http://cache.insteon.com/pdf/insteondetails.pdf>.
- Insteon – Home.(s.f.). Recuperado de <http://insteon.codeplex.com/>.
- Kumar, S. & Qadeer, M. A. (2012). Application of AI in Home Automation. *International Journal of Engineering and Technology*, 4(6), <http://dx.doi.org/10.7763/IJET.2012.V4.488>.
- Litepoint (2012).Bluetooth® Low Energy.Recuperado de http://www.litepoint.com/wp-content/uploads/2014/02/Bluetooth-Low-Energy_WhitePaper.pdf.
- Meulendijk, M., Van de Wijngaert, L. Brinkkemper, S. & Leenstra, H. (2011). Aml In Good Care? Developing design principles for ambient intelligent domotics for elderly. *Informatics for Social & Health Care*, 36(2), 75-88. <http://dx.doi.org/10.3109/17538157.2010.542528>.
- Microsoft.(s.f.-a). Speech for Windows Phone 8 [página web].Recuperado de [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/jj206958\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/jj206958(v=vs.105).aspx).
- Microsoft.(s.f.-b). Text-to-speech (TTS) for Windows Phone 8 [página web].Recuperado de [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/jj207057\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/develop/jj207057(v=vs.105).aspx).
- Rachio.(s.f.). Modernize Your Sprinkler System this Summer Recuperado de <https://www.rach.io/...>
- Ramlee, R. A., Leong, M. H., Singh, R. S. S., Ismail, M. M., Othman, M. A., Sulaiman, M. H., Misran, M. A. & Meor Said, M. A. (2013).Bluetooth Remote Home Automation System Using Android Application. *The International Journal of Engineering and Science* 2(1), 149-153.
- SmartHome. (s.f.-a). Smartenit INSTEON EZFlora 8-Zone SprinklerController [página web]. Recuperado de <http://www.smarthome.com/31270/Smartenit-INSTEON-EZFlora-8-Zone-Sprinkler-Controller/p.aspx>.
- SmartHome. (s.f.-b) What is Home Automation? [página web] <http://www.smarthome.com/homeautomation.html>.
- Tinysine.(s.f.).Tinysine Bluetooth 4.0 BLE module user manual [página web].Recuperado de <http://www.tinyosshop.com/datasheet/Tinysine%20Serial%20Bluetooth4%20user%20manual.pdf>.