

**Integrador De Servicios Domóticos  
(ARUSTO)**

**Sebastián Arizmendy Pulgarín  
Carlos Augusto Carmona Tobón**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MEDELLIN  
2015**

**Integrador De Servicios Domóticos  
(ARUSTO)**

**Sebastián Arizmendy Pulgarín  
Carlos Augusto Carmona Tobón**

**Proyecto de grado para optar por el título de Ingenieros de Sistemas**

**Asesor  
Jose Luis Montoya Pareja**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MEDELLIN  
2015**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Medellín, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2015**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos muy cordialmente a nuestros padres quienes con un gran esfuerzo y dedicación nos han acompañado para que llegemos hasta aquí. Gracias a sus consejos hemos logrado superar cada una de las etapas de nuestra vida académica.

Adicionalmente queremos agradecer a nuestros profesores, compañeros y amigos con quienes disfrutamos del día a día y de los cuales aprendimos mucho no solo en el ámbito académico sino también a nivel personal.

Agradecemos a lam Magis® por habernos brindado el apoyo para el desarrollo y finalización de este proyecto.



## CONTENIDO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 0.      | INTRODUCCIÓN .....                          | 12 |
| 1.      | ANTECEDENTES .....                          | 13 |
| 2.      | OBJETIVOS .....                             | 14 |
| 2.1     | OBJETIVO GENERAL .....                      | 14 |
| 2.2     | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                 | 14 |
| 3.      | ALCANCE Y PRODUCTOS .....                   | 15 |
| 4.      | MARCO TEÓRICO .....                         | 16 |
| 4.1     | DOMÓTICA .....                              | 16 |
| 4.1.1   | CONTEXTUALIZACIÓN .....                     | 16 |
| 4.1.1.1 | <i>Controlador</i> .....                    | 18 |
| 4.1.1.2 | <i>Actuador</i> .....                       | 18 |
| 4.1.1.3 | <i>Sensor</i> .....                         | 18 |
| 4.1.1.4 | <i>Bus</i> .....                            | 19 |
| 4.1.2   | TOPOLOGÍAS DE RED .....                     | 19 |
| 4.1.3   | PROTOCOLOS .....                            | 22 |
| 4.1.4   | SISTEMAS DOMÓTICOS .....                    | 25 |
| 4.1.4.1 | <i>Seguridad</i> .....                      | 25 |
| 4.1.4.2 | <i>Entretenimiento</i> .....                | 26 |
| 4.1.4.3 | <i>Control de aguas</i> .....               | 26 |
| 4.1.4.4 | <i>Control de iluminación</i> .....         | 27 |
| 4.2     | INFORME TRABAJO DE CAMPO .....              | 28 |
| 4.3     | HERRAMIENTAS .....                          | 31 |
| 4.3.1   | ZIGBEE .....                                | 31 |
| 4.3.2   | STRUT 1.3.2 .....                           | 33 |
| 4.3.3   | DHTMLX .....                                | 34 |
| 5.      | ARUSTO .....                                | 35 |
| 5.1     | ETAPA 1: CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS ..... | 35 |
| 5.1.1   | DISPOSITIVO ON/OFF .....                    | 35 |
| 5.1.1.1 | TRANSCPTOR XBEE® .....                      | 35 |
| 5.1.1.2 | OPTOTRIAC .....                             | 36 |
| 5.1.1.3 | TRIAC Y RESISTENCIAS: .....                 | 36 |
| 5.1.2   | DISPOSITIVO CENTRAL .....                   | 36 |



|   |           |
|---|-----------|
| 5.2.1.2 MODELO .....  | 38        |
| 5.3 DESARROLLO DE ARUSTOMOBILE: .....                           | 40        |
| 5.4 ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN.....                            | 40        |
| 5.5 INFRAESTRUCTURA.....  | 41        |
| 5.6 PROTOTIPO ARUSTO.....                                       | 42        |
| 5.7 CONSUMO DE ENERGÍA.....                                     | 46        |
| 5.8 COSTO.....  | 46        |
| 6. CONCLUSIONES .....   | 48        |
| 7. TRABAJOS FUTUROS.....  | 50        |
| ANEXOS .....  | 55        |
| ANEXO 1 DIAGRAMA DE CLASES .....                                | 55        |
| ANEXO 2 MODELO ENTIDAD RELACIÓN .....                           | 56        |
| ANEXO 3 CASOS DE USO.....                                       | 57        |
| <i>Anexo 3.1 Casos de uso del sistema.....</i>                  | <i>57</i> |
| <i>Anexo 3.2 Casos de uso Panel de control.....</i>             | <i>58</i> |
| <i>Anexo 3.3 Casos de uso Reportes.....</i>                     | <i>59</i> |
| <i>Anexo 3.4 Casos de uso Gestión dispositivos.....</i>         | <i>59</i> |
| <i>Anexo 3.5 Casos de uso Gestión de usuarios.....</i>          | <i>60</i> |
| <i>Anexo 3.6 Casos de uso Actualización de actividades.....</i> | <i>61</i> |
| ANEXO 4 ARUSTO WEBCORE.....                                     | 62        |
| <i>Anexo 4.1 Módulo de ingreso para usuario.....</i>            | <i>62</i> |
| <i>Anexo 4.2 Módulo Panel de Control.....</i>                   | <i>63</i> |
| <i>Anexo 4.3 Módulo Informes y Reportes.....</i>                | <i>65</i> |
| <i>Anexo 4.4 Módulo Automatización de Actividades.....</i>      | <i>66</i> |
| <i>Anexo 4.5 Módulo Gestión de Alertas.....</i>                 | <i>67</i> |
| <i>Anexo 4.5 Módulo Gestión de Dispositivos.....</i>            | <i>68</i> |
| <i>Anexo 4.6 Módulo Gestión de Lugares.....</i>                 | <i>69</i> |
| ANEXO 5 TABLA DE CONSUMOS EPM .....                             | 70        |



## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Tabla 1 Topologías de red [BNC,14]</i> .....                 | 21 |
| <i>Tabla 2 Protocolos usados en la domótica [Bre, 13]</i> ..... | 24 |
| <i>Tabla 3 Consumo bombillos</i> .....                          | 46 |
| <i>Tabla 4 Costo fabricación Arusto</i> .....                   | 47 |
| <i>Tabla 5 Valor Comercial Arusto</i> .....                     | 47 |



## LISTA DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Figura 1 Ejemplos de dispositivos de sistemas de domótica.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 2 Topología en malla en protocolo Zigbee [Mit, 13].....</i> | <i>32</i> |
| <i>Figura 3 MVC y Struts [Fis, 13] .....</i>                          | <i>34</i> |
| <i>Figura 4 Esquema Dispositivo On/Off .....</i>                      | <i>36</i> |
| <i>Figura 5 Dispositivo Central .....</i>                             | <i>37</i> |
| <i>Figura 6 Pantalla Login ArustoMobile.....</i>                      | <i>40</i> |
| <i>Figura 7 Arquitectura Arusto.....</i>                              | <i>41</i> |
| <i>Figura 8 Especificaciones del Servidor.....</i>                    | <i>42</i> |
| <i>Figura 9 Prototipo dispositivo On/Off.....</i>                     | <i>43</i> |
| <i>Figura 10 Prototipo Dispositivo Central .....</i>                  | <i>43</i> |
| <i>Figura 11 Prototipos simulación de habitaciones .....</i>          | <i>44</i> |
| <i>Figura 12 Simulación de habitaciones ArustoMobile.....</i>         | <i>44</i> |
| <i>Figura 13 Cambio de estado en dispositivo .....</i>                | <i>45</i> |





## GLOSARIO

### **Domótica:**

(Del lat. domus, casa, e informática). Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda. [RAE, 14]

### **Automatización:**

El libro Fundamentos de la técnica de automatización de Ebel, Idler, Prede & Scholz define: "... un autómeta como un sistema artificial que se comporta de determinadas maneras relacionando comandos de entrada con estados del sistema, con el fin de obtener las salidas necesarias para solucionar tareas." [EIP,08]

### **TIC:**

Según Cabero en Nuevas Tecnologías, comunicación y educación "En líneas generales podríamos decir que las nuevas tecnologías de la información y comunicación son las que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconexiónadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas". [Cab,98]

O como lo define Consuelo Belloch en el informe RECURSOS TECNOLÓGICOS (TIC): "Tecnologías para el almacenamiento, recuperación, proceso y comunicación de la información". [Bel, 00]

### **Dispositivos móviles:**

Un dispositivo móvil inteligente es un dispositivo más pequeño que un mini computador personal, el cual permite fácil comunicación electrónica, transferencia de datos y manejo de la información. [TN, 99]

**Nodos:**

Un nodo es una representación hipotética de un dispositivo o dato en una figura o gráfico, donde se unen varios nodos. Se pueden organizar en diferentes topologías que brindan a los nodos propiedades singulares según su distribución y comunicación. [UPM, 14]

**Estándar IEEE 802.15.4 de WPAN:**

Especifica la capa física y el control de acceso en redes inalámbricas personales con una tasa baja de transmisión: LR-WPAN (low-rate wireless personal area network). [IEEE 802.15.4]

**Framework:**

En general, con el término framework, nos estamos refiriendo a una estructura Software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de una aplicación. [GUT, 14]

**Aplicaciones web**

Es una colección de uno o varios componentes WEB que se han empaquetado con el propósito de crear una aplicación completa, que pueda ser ejecutada en la capa WEB de una aplicación empresarial [Goo, 02]. Se puede acceder desde los navegadores de cualquier dispositivo con conexión a Internet, ya que son diseñadas y desarrolladas para suplir las necesidades del usuario en cualquier lugar.

**Java**

Java es una creación Sun Microsystems, consiste en un lenguaje robusto de programación y una plataforma donde se compila y ejecuta este lenguaje sin importar el sistema operativo. En este lenguaje se pueden crear gran cantidad de programas para todo tipo de dispositivos, sin importar si son móviles o computadores gracias a su portabilidad, además de aplicaciones web. [JAV, 14]



## **Arquitectura MVC**

Framework diseñado para mejorar el desarrollo de aplicaciones web. Está compuesto por 3 fragmentos:

*Capa Modelo:* Manejo de los datos abstractos y validaciones. Contiene métodos para las interacciones de diferentes fuentes de datos.

*Capa Vista:* Manejo de la interfaz gráfica con la que interactúa el usuario.

*Controlador:* Estos ayudan a organizar la estructura de la aplicación simplificando el trabajo del desarrollo y mantenimiento de la aplicación. [PE, 14]

## **JavaScript**

Lenguaje dinámico basado en los estándares ECMA-262 y ECMA-402. Es flexible y combinado con otros lenguajes de programación permite realizar aplicaciones con lógica procedimental o con lógica orientada a objetos. [MOZ, 14]

## **GUI's**

Graphical user interface: Interfaz gráfica de usuario. [OXF, 14] Permite hacer más comprensible la comunicación entre el usuario y un software y/o dispositivo computacional. [CA, 98]

## **Firmware**

Instrucciones de máquina que controlan los dispositivos. Son programas que hacen de interfaz entre el hardware y las aplicaciones y el SO. Su complejidad puede variar desde el inicio del hardware hasta el mantenimiento y control del mismo durante su uso. [SSW, 04]



## 0. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los campos que presenta mayor perspectiva hacia el futuro en cuanto a investigación e implementación de nuevas tecnologías es la domótica. Esto se debe a la diversidad de servicios que se pueden desarrollar y brindar a partir de ésta, y a los avances tecnológicos que se han desarrollado durante el siglo XXI tanto en el campo de las telecomunicaciones y redes, como de la electrónica.

“Una <<casa inteligente>> se puede definir como una residencia equipada con tecnologías de la computación e información que se anticipa y responde a las necesidades de sus ocupantes, que trabaja para promover su comodidad, conveniencia, seguridad y entretenimiento a través de la gestión de la tecnología en el hogar y las conexiones con el resto del mundo.” [Ald, 03]

Se pretende entonces construir un sistema que dé al usuario la posibilidad de estar informado en todo momento de lo que sucede en su vivienda y, poder reprogramar la configuración o actuar directamente sobre los dispositivos de una manera rápida y sencilla desde cualquier lugar en donde disponga de una conexión a Internet. Los servicios se podrán acceder y ser utilizados desde un PC local o remoto, un celular, una PDA o un dispositivo móvil; desde ellos un usuario podrá controlar aspectos de la casa como la temperatura, una cámara, las luces entre otros; sin estar de forma presencial en el hogar.



## 1. ANTECEDENTES

No podemos decir si directa o indirectamente, pero el hombre ha trabajado en el desarrollo de la domótica a través de los siglos ya que los eventos más importantes de la historia de la humanidad han conllevado avances en la ciencia y la tecnología, y estos a su vez en nuestra época han derivado en desarrollos en domótica; el hombre siempre ha buscado la forma de facilitar su trabajo; inventó la rueda, muchos años, quizá miles de años después se descubrió la electricidad, realizó avances en la electrónica y siguió buscando la forma de automatizar su trabajo cada vez que desarrollaba nuevos inventos y encontraba nuevas herramientas, todo para satisfacer las necesidades humanas; inventó el computador, las redes y el internet, los dispositivos móviles; una serie de tecnologías que han transformado al mundo y que hoy por hoy pertenecen y hacen parte de la vida del hombre, y que permiten infinidad de desarrollos pero que también convergen en lo que hoy conocemos como domótica, una herramienta para tener el control de su hogar al alcance de sus manos.

Pero en el sector de la automatización de ambientes no solo encontramos el termino Domótica, encontramos que este se divide básicamente en 3 según el tipo de espacios: Urbótica, control y automatización de sistemas y lugares públicos; Inmótica, incorporación de tecnología en lugares terciarios como oficinas y edificios corporativos (edificios industriales inteligentes); y la ya mencionada Domótica, la cual se enfoca únicamente en la integración de tecnología en ambientes o espacios cerrados tales como casas, apartamentos y fincas. Debido al alcance de este proyecto nos enfocaremos en este último concepto.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un dispositivo y sus respectivos servicios, que permitan automatizar y monitorizar con un bajo costo los elementos que se encuentren en el hogar o la oficina de forma remota desde cualquier terminal fija o móvil que disponga de una conexión a Internet.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre los procesos actuales que se vengán desarrollando con respecto al tema de la domótica.
- Construir un dispositivo electrónico que permita la intercomunicación de entidades externas y el lugar monitoreado.
- Definir los protocolos de comunicación específicos tanto los de bajo nivel como los de alto nivel.
- Construir los diferentes sensores y actuadores que interactúan con el dispositivo a ser construido.
- Diseñar y programar el Firmware que controlará el dispositivo central a construir.
- Diseñar y programar el Firmware interno de cada sensor para poder comunicarlo con el dispositivo central.
- Diseñar y programar una aplicación que nos permita comunicarnos desde cualquier terminal local o remota con el dispositivo central.



### 3. ALCANCE Y PRODUCTOS

El sistema se encargara de la recolección de datos análogos y su digitalización para llevarlos al usuario final por medio de diversas tecnologías actuales.

El usuario podrá ingresar a su sistema, teniendo la posibilidad de ver las diversas variables que se presentan en su ambiente controlado y a la misma vez podrá realizar acciones que modifiquen este entorno por medio de unos actuadores presentes en el sistema. Como ejemplo en nuestro desarrollo utilizaremos un interruptor.

El sistema debe ser lo suficientemente seguro para restringir el acceso a los usuarios y sus privilegios, además la interfaz de interacción con el usuario debe ser lo más sencilla y eficiente posible con el fin de presentar un alto rendimiento y que sea de fácil manipulación.

Al finalizar este proyecto, se entregará:

- Prototipo de dispositivo central de comunicaciones y enlace entre Ethernet y sensores internos.
- Prototipo de sensores.
- Versión alfa del Firmware del dispositivo central.
- Versión alfa del software intercomunicador de los sensores.
- Plano de dispositivo central. (Dispositivo prefabricado con sistema operativo Linux).



## 4. MARCO TEÓRICO

Como lo hemos dicho antes, tras los numerosos avances en las TIC que hemos presenciado durante las últimas décadas, se evidenció la necesidad primordial de controlar los espacios del hogar de una forma no presencial.

En los últimos años se han desarrollado tecnologías que nos permiten tener a nuestro alcance y en la palma de la mano, no solo información en todas las áreas del conocimiento casi sin límites, sino también estar en contacto con personas de otros países alrededor del mundo en tiempo real, el control de procesos a larga distancia, entre otras ventajas. Adicionalmente los dispositivos móviles han revolucionado el mercado de la tecnología, ya hacen parte de nuestro diario vivir y se puede decir que para muchos puede ser una extensión de su cuerpo, sin la cual su día no sería un día normal porque dependen de ellos como de su mano derecha. En este orden de ideas, usando la tecnología podríamos controlar o estar conectados con nuestro hogar, e interactuar con los dispositivos que se encuentran allí desde cualquier lugar en donde nos encontremos con solo un par de *clicks*.

### 4.1 DOMÓTICA

#### 4.1.1 Contextualización

Un sistema domótico consiste en la interacción de varios dispositivos que recolectan e intercambian información de tal manera que se controlen y automaticen funciones relacionadas con diferentes actividades que se desarrollan en el hogar, con la idea de brindar comodidad y facilitar acciones a sus habitantes, mejorando en cierta forma la calidad de vida de estos. Funciones como el encendido, apagado, apertura, cierre y



regulación de dispositivos están contempladas en estos sistemas, reduciendo el tiempo que se emplea en el desarrollo de ciertas tareas, además de que estas se puedan realizar de manera no presencial. Para lograr todo esto en un sistema domótico se interrelacionan diferentes dispositivos:



**Figura 1 Ejemplos de dispositivos de sistemas de domótica**



#### **4.1.1.1 Controlador**

Es el dispositivo central del sistema. Gestionan el sistema según esté programado y según las ordenes que reciba, enviando comandos a cada uno de los dispositivos que conforman el resto de este para que realicen una actividad; según el tipo de controlador, estas órdenes pueden ser ingresadas directamente en él y/o por medio de interfaces que le envíen señales y datos, o también datos que se reciban desde los sensores instalados en el sistema. Adicionalmente según la arquitectura implementada puede haber un controlador o varios dentro de este.

#### **4.1.1.2 Actuador**

Es el dispositivo que recibe las órdenes del controlador e induce las acciones sobre los aparatos del hogar; adicionalmente en algunos sistemas estos actuadores pueden ser Transceptores, ya que no solo reciben, sino que también transmiten órdenes o datos dentro del sistema según sea necesario.

#### **4.1.1.3 Sensor**

Los sensores son los dispositivos que se encargan de monitorear el hogar y tomar datos constantemente, de tal forma que se envíen señales al controlador cuando ciertos eventos ocurran, y así poder activar ciertas funciones o acciones luego de que los actuadores reciban la señal correspondiente.



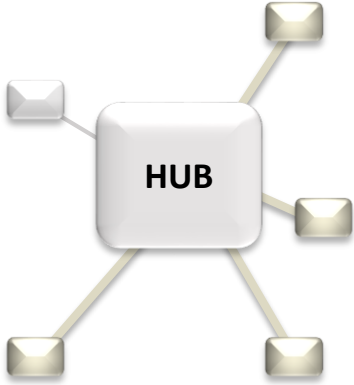
#### **4.1.1.4 Bus**

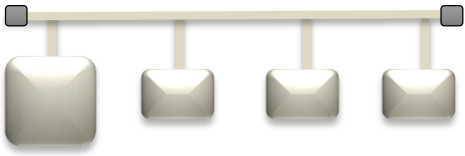
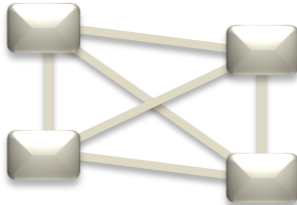
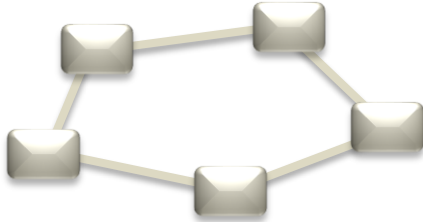
El bus es el medio de transmisión de datos entre los diferentes dispositivos dentro de un sistema, generalmente cuando las personas hablan de bus imaginan un cable o medio sólido por el cual viajan los datos, pero este medio también puede ser inalámbrico por medio de radiofrecuencias.

#### **4.1.2 Topologías de red**

Todos estos dispositivos se unen entonces en una red o en nuestro caso en un sistema domótico de diversas formas que llamamos topología. La topología a usar es muy importante ya que define la estructura de nuestra red, cómo se comportan los dispositivos dentro de esta, cómo comparten los recursos y la forma en que se comunican. Esta dependerá del sistema que queramos implementar y de las características y propiedades que nos brinden los dispositivos a usar.

A continuación presentamos una tabla en donde mostramos diferentes topologías con las cuales podemos construir un sistema domótico y mencionamos además algunas ventajas y desventajas de estas.

| Topología | Características   | Propiedades   | Arquitectura relacionada |
|-----------|---|---|--------------------------|
| Estrella  | <p>Todos los dispositivos están conectados por medio de uno central llamado Switch o HUB.</p>    | <p><b>Ventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escalabilidad y facilidad al ingresar un Nuevo dispositivo al sistema.</li> <li>• La ruptura de un cable solo desconecta el dispositivo conectado a esta (la red entera no es afectada).</li> <li>• Permite una administración centralizada de los sistemas, permitiendo que el monitoreo y los cambios sean implementados fácilmente.</li> </ul> <p><b>Desventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el HUB falla la red entera fallará.</li> <li>• El HUB tiene una cantidad limitada de puertos para conectar dispositivos.</li> </ul> | Sistema centralizado     |
| Bus       | <p>Se usa un solo cable para conectar todo el sistema. Cuando un dispositivo envía una señal por el cable este recorre la red en las 2 direcciones y regresa al dispositivo que lo generó (bounce). Para evitar que la señal que se devuelve interfiera las demás existen unos terminales en las puntas en las que se termina la señal enviada.</p> | <p><b>Ventajas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de crear</li> <li>• Menor costo debido a que no necesita dispositivos adicionales como hub y usa menos cables.</li> <li>• Si un dispositivo falla los demás siguen en funcionamiento.</li> </ul>   | Sistema descentralizado  |

|         |   |  |                     |
|---------|---|--|---------------------|
|         |    | <b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad para encontrar errores cuando se presentan.</li> <li>• Poca escalabilidad</li> <li>• Si se rompe una conexión se cae toda la red</li> </ul>  |                     |
| Malla   | <p>No es una tipología de uso común. Todos los dispositivos están conectados entre sí.</p>   | <b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancia a los errores, si se rompe una conexión la señal puede llegar por otro medio.</li> </ul> <b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo adicional para el cableado entre dispositivos</li> <li>• Dificultad para administrar el sistema debido al número de conexiones.</li> </ul>  | Sistema distribuido |
| Anillo  | <p>Todos los dispositivos están conectados por medio de un cable. No tiene principio ni fin y no tiene terminaciones. La señal pasa por todos los dispositivos</p>  | <b>Ventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay menor degeneración en la señal que se envía porque se regenera por cada dispositivo por el que pasa.</li> </ul> <b>Desventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si un cable se daña en la conexión toda la red se cae. Estos errores son difíciles de localizar</li> <li>• En caso de un cambio en la red o en un dispositivo que se deba desconectar la red completa se puede caer.</li> </ul> | Sistema distribuido |
| Híbrida | <p>Se combinan diferentes topologías para aprovechar las ventajas de cada uno</p>   |  |                     |

**Tabla 1 Topologías de red [BNC, 14]**



### 4.1.3 Protocolos

Además de la forma física de relacionar los dispositivos, también tenemos que ocuparnos de la comunicación entre ellos; cuando hablamos de este tema necesariamente nos encontramos con la palabra protocolo que en sencillas palabras es un conjunto de reglas que definen la forma en que se envía un mensaje y como se interpreta cuando se recibe.

“Para lograr el cambio de estado por medio de la automatización, un mensaje de control debe ser enviado al dispositivo en el que se realizará la acción. El cambio de estado o condición puede ser simplemente pasar de encendido a apagado o viceversa, o un ajuste más complejo como volver a un nivel preestablecido; y la modificación del dispositivo incremental o una variable e incluso ambas. El mensaje de control es enviado a través de alguno de los protocolos de automatización de hogares ya existentes.” [Bre, 13]

A continuación se presentaran los protocolos más conocidos y usados en el mercado de la automatización de hogares con una breve descripción de cada uno de ellos



| Protocolo | Medio/<br>Topología                          | Ventajas  | Desventajas  |
|-----------|--|---|--|
| X10       | Cable<br><br>Radio Frecuencia /<br><br>Bus   | Costo bajo  | Baja velocidad y confiabilidad.<br><br>Tecnología anticuada.<br><br>La señal puede verse afectada por el ruido.<br><br>Sistema no robusto.<br><br>Comunicación unidireccional sin ningún mecanismo para verificar los comandos o errores presentes en ellos. |
| UPB       | Cable /<br><br>Bus                           | Varias marcas usan este protocolo.  | Rango limitado. Sus dispositivos no repiten la señal<br><br>La señal puede verse afectada por el ruido.  |
| INSTEON®  | Cable<br><br>Radio Frecuencia /<br><br>Malla | Comunicación bidireccional.<br><br>Alta confiabilidad.<br><br>No necesita un centro de control. Todos los dispositivos transmiten, reciben y repiten.             | Solo SmartHome® puede hacer y vender productos que usan este protocolo, o licenciar a terceros para construirlos.  |
| WiFi      | Radio Frecuencia /<br><br>Estrella           | Buena decisión si se van a usar uno o dos productos.<br><br>Si ya se tiene un Router no se necesitara un Hub o Access Point para la conexión de los dispositivos. | Solo existen un grupo limitado de productos para el hogar.<br><br>Puede tener problemas de interferencia y de ancho de banda por el número de dispositivos WiFi en el Hogar.<br><br>Gran consumo de energía.   |
| Zigbee    | Radio Frecuencia /<br><br>Malla              | Protocolo abierto para aplicaciones no comerciales.<br><br>El consumo de energía es muy bajo  | Puede presentar dificultad para comunicarse con dispositivos de otras marcas o protocolos  |

|        |                                 |   |   |
|--------|---------------------------------|---|---|
|        |                                 | <p>Red auto-configurable y redundante ante el fallo de cualquier nodo.</p> <p>Dispositivos seguros y fáciles de instalar</p>  |   |
| Z-Wave | <p>Radio Frecuencia / Malla</p> | <p>Varias marcas usan este protocolo.</p> <p>El consumo de energía es muy bajo</p> <p>Mecanismo de descubrimiento de red que permite reparar rutas perdidas por dispositivos que ya no están en la red.</p> | <p>Necesita un controlador central, lo que hace necesario que cada dispositivo dentro de la red sea conocido por este controlador.</p> <p>Tecnología propietaria.</p> |

**Tabla 2 Protocolos usados en la domótica [Bre, 13]**





#### **4.1.4 Sistemas Domóticos**

“El creciente consumo de energía y la limitación de los recursos energéticos generan efectos negativos en el medio ambiente que se reflejan en dos aspectos:

- Económico: los precios de la energía tienden a subir, por lo que un control del consumo energético incrementa significativamente el ahorro para el usuario.
- Ecológico: el usuario puede disminuir el impacto negativo sobre su entorno si disminuye su consumo de energía.

La domótica gestiona elementos de control que contribuyen al ahorro de agua, electricidad y combustibles, notándose sus efectos tanto en el aspecto económico (menos coste) como en el ecológico (menos consumo de energía). “[Cel, 08]

Con el propósito de generar ambientes más confortables existe una gran variedad de sistemas diseñados para brindar características y funcionalidades significativas en los hogares; tales como seguridad, comodidad, control y optimización energética, control de información y entretenimiento. Según las características y funciones de cada uno de los dispositivos que componen los sistemas, hemos encontrado que podemos clasificarlos en cuatro grandes categorías: seguridad, control de iluminación, entretenimiento y control de aguas.

A continuación presentamos una descripción breve de cada una de estas categorías y dispositivos que podemos encontrar en ellas:

##### **4.1.4.1 Seguridad**

En el mercado existe una gran variedad de dispositivos que apoyan la seguridad en los hogares, brindando a las personas un sentimiento de seguridad constante sobre todo cuando se encuentran en el trabajo o en el periodo de vacaciones; esos momentos donde



generalmente el hogar se encuentra solo. A continuación se presenta una lista de los dispositivos más relevantes del sector:

- Control de temperatura
- Detectores de humedad
- Detectores de agua
- Detectores de gas y humo
- Detectores de presencia en espacios abiertos
- Cámaras de video exteriores – Video porteros
- Audífonos y parlantes exteriores
- Detectores de apertura de ventanas
- Grabación de video
- Apertura de puertas a distancia
- Alarmas
- Citofonía

#### **4.1.4.2 Entretenimiento**

El sistema integrado de entretenimiento tiene como objetivo principal la adecuación de sistemas de sonido en cada una de las habitaciones de los hogares, por medio de la instalación de parlantes y televisores. Una función adicional es la selección de diferentes fuentes de sonido, ya que se puede utilizar cualquier dispositivo con salida audio.

#### **4.1.4.3 Control de aguas**

Con el propósito de optimizar el uso de recursos hídricos, se plantean sistemas inteligentes de uso de aguas en baños, cocinas y riego de jardines. Estos dispositivos están ganando cada vez más importancia debido al ahorro de agua que puedan garantizar y el beneficio que



esto significa contra el calentamiento global [Hui, 07]. A continuación se presenta una serie de elementos que componen éstos sistemas:

- Lavamanos Inteligente
- Lavaplatos Automático
- Sanitario Automático
- Orinal Inteligente
- Riego de Jardines automatizado

#### **4.1.4.4 Control de iluminación**

Esta categoría es la más implementada debido a la facilidad para optimizar el consumo de energía eléctrica en las viviendas; además apoya también a la seguridad y comodidad de los usuarios por medio del control de intensidad de luz en los sectores donde se instale el sistema. A continuación se presentan los dispositivos que permiten un completo control de iluminación:

- Control de persianas
- Simulación de casa habitada
- Encendido y apagado de interruptores a distancia
- Control de tomas corriente a distancia
- Control de intensidad de iluminación
- Ambientes predeterminados

La tendencia hacia el futuro será no solo el uso de uno o alguno de estos sistemas que nos permiten manejar de forma eficiente los diferentes equipos y dispositivos en el hogar, sino el aprovechamiento de la unión de estos permitiendo un mejor uso de los recursos, construyendo así una **vivienda bioclimática**.



“Los Estudios realizados indican que las viviendas bioclimáticas reducen el consumo energético en climatización y calefacción en aproximadamente el 60% respecto a las viviendas tradicionales, lo cual se traduce en un ahorro en las distintas facturas del gas o la electricidad de hasta el 80%. En la misma proporción es posible la disminución de agentes contaminantes a la atmósfera. Así mismo, contribuye a disminuir hasta un total del 30% el gasto de agua y un 20% en iluminación”. [Hui, 07]

#### **4.2 INFORME TRABAJO DE CAMPO**

“El potencial de las tecnologías actuales en el campo de la automatización no ha sido explotado ampliamente. La visión de la computación ubicua aún está lejos de ser alcanzada, en especial en lo que se refiere a la Domótica y aplicaciones para el hogar. De hecho, aunque varias implementaciones han empezado a aparecer en algunos campos, pocas aplicaciones están disponibles para el hogar y el público en general. Esto se debe principalmente a los diferentes estándares y las soluciones propietarias que hacen que el mercado sea confuso por la oferta de dispositivos y sistemas que no operan entre sí.” [MRA,10]

En Colombia se puede evidenciar un poco esto, ya que a pesar de los desarrollos tecnológicos que hemos experimentado en los últimos años, apoyados por el mismo Ministerio de las TIC’s, aún nos encontramos un poco retrasados en comparación a los considerados países desarrollados del primer mundo [Hen, 06].

Con el propósito de informarnos un poco más acerca de la domótica en Colombia, hemos consultado varios sitios en internet de empresas que ofrecen este tipo de productos. Por otro lado nos hemos apoyado en los conocimientos y herramientas que nos ha brindado lam Magis® para el desarrollo de los dispositivos.



“La automatización de los espacios es un tema que cada día va cobrando más fuerza, no solo porque tiene un ingrediente tecnológico del cual nadie puede ser ajeno, sino porque está creada para facilitar la vida y generar ahorros importantes que incluso tienen efectos visibles en el medio ambiente” [Elt,13]. En nuestro país es posible conseguir una variedad considerable de dispositivos que permiten la automatización y control de hogares. Es necesario resaltar que la mayoría de los productos que se comercializan en Colombia son importados y hacen parte de líneas de domótica internacionales. A continuación se presenta una lista de las diferentes empresas que se encargan de comercializar e instalar este tipo de productos:

**Home Robotik – Bogotá:**

<http://colombia.homerobotik.com/>

**Domótica – Mi Hogar Inteligente**

(Distribuidor en Colombia de Thunder Electrical)

- Domótica – Mi Hogar Inteligente  
<http://www.mihogarinteligente.com/index.html>
- Thunder Electrical  
<http://www.thunderelectrical.com/english/>
- Guía de Productos Thunder Electrical  
<http://www.thunderelectrical.com/english/catalogo/demo.htm>  
<http://www.thunderelectrical.com/english/catalogo/demo2.htm>

**Casa Inteligente**

(Distribuidor en Colombia de Home Auto)

- Casa Inteligente  
<http://www.casainteligente.com/>
- HomeAuto  
<http://www.homeauto.com>
- Guía de Productos  
[http://www.homeauto.com/Downloads/Marketing/Product\\_Guide.pdf](http://www.homeauto.com/Downloads/Marketing/Product_Guide.pdf)
- Interfaz de Control HomeAuto



<http://www.casainteligente.com/casainteligente/fckuploads/file/OmniTouch.swf>

Sin embargo también debemos mencionar que en nuestro país no nos limitamos a importar productos, también se han tenido iniciativas en el campo de la domótica tales como:

**Control de luces y persianas con el movimiento de la mano.** Este producto es un sistema que permite el control de intensidad de luces y la apertura o cierre de persianas mediante la identificación de gestos y movimientos capturados a través de una cámara de video.

**Ventana inteligente.** Este proyecto consiste en el control automático de apertura y cierre de una ventana dependiendo del clima exterior, así como también la implementación de un control para la misma, sujeto a la programación de una hora determinada. [Cvn, 13]

**Aprendices construyen laboratorio para el aprendizaje y aplicación de la domótica:** Gracias al talento y la alta calidad de la formación SENA, aprendices e instructores del Centro de la Construcción, fabrican cinco módulos de aprendizaje de domótica, que integran la tecnología y el diseño inteligente en un recinto cerrado. [PeS, 13].

Ahora bien, ¿qué tanto es la utilización de sistemas domóticos en Colombia?; según una investigación de mercado realizada por el Grupo de Investigación, Desarrollo y Aplicación en Telecomunicaciones e Informática (GIDATI) de la UPB [CoU, 07], el 10.6% de los encuestados posee algún sistema domótico. Pero uno de los datos que a nuestro parecer es de los más importantes obtenidos allí, es que el 77% de ellos presenta interés en este tipo de sistemas. Otro dato interesante que concluyen en este estudio es que los sistemas domóticos entran en la categoría de artículos de lujo y que son adquiridos en mayor parte por los estratos altos.

Hay varios datos interesantes que se pueden encontrar en este estudio, adicional a los anteriores, presentamos una tabla que nos muestra el promedio que invertirían las personas en sistemas domóticos:



|                      | <b>Estrato</b>      |                     |                      |                     |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| <b>Ciudad</b>        | <b>4</b>            | <b>5</b>            | <b>6</b>             | <b>Total</b>        |
| Barranquilla         | \$ 5,330,935        | \$ 8,156,250        | \$ 16,443,548        | \$ 8,563,973        |
| Bogotá               | \$ 10,227,092       | \$ 6,610,169        | \$ 8,064,103         | \$ 9,373,926        |
| Medellín             | \$ 10,031,553       | \$ 7,990,285        | \$ 5,845,238         | \$ 9,091,667        |
| <b>Total general</b> | <b>\$ 9,017,617</b> | <b>\$ 7,673,913</b> | <b>\$ 11,045,455</b> | <b>\$ 9,030,127</b> |

**Tabla 3 Capacidad de inversión por ciudad y estrato (promedio)**

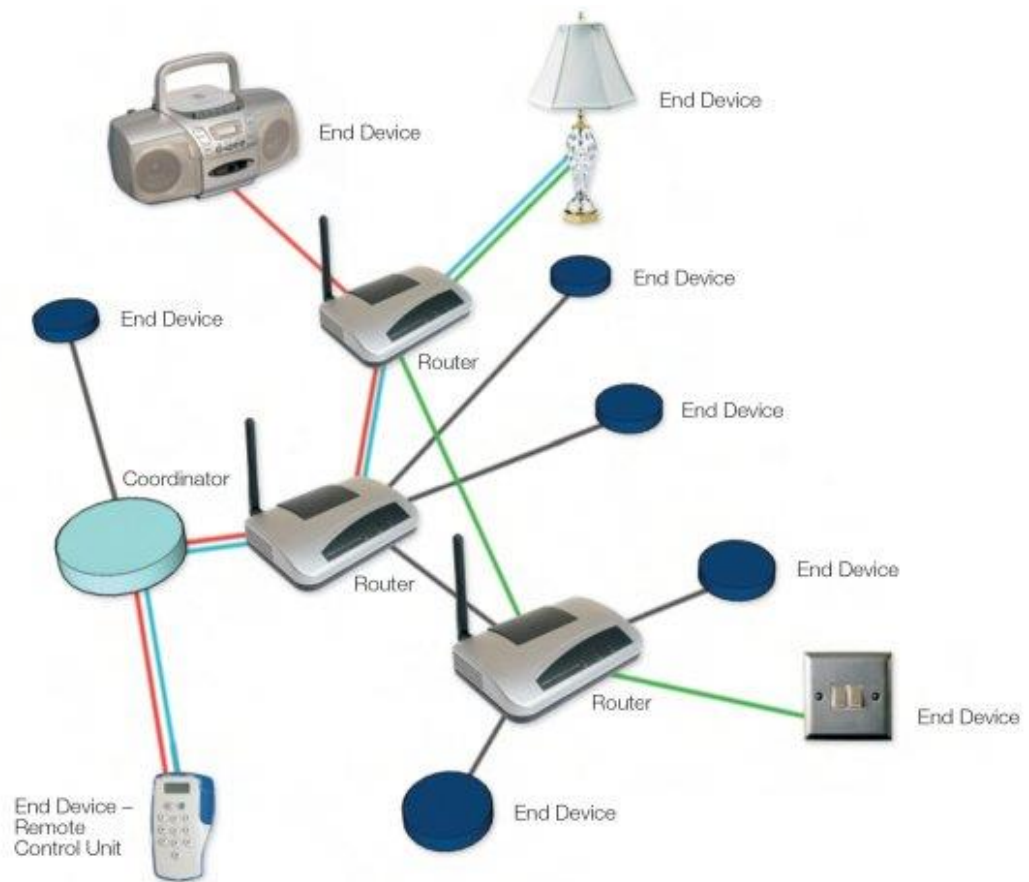
### **4.3 Herramientas**

Presentaremos a continuación una serie de herramientas que hemos usado para el desarrollo del software en nuestro proyecto.

#### **4.3.1 Zigbee**

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radio digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de WPAN (wireless personal area network). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

La topología en malla es clave dentro del protocolo Zigbee, ya que en este tipo de topología los nodos están interconectados unos con otros, así un nodo está conectado mediante varios caminos. Adicionalmente las conexiones entre los nodos son actualizadas dinámicamente y optimizadas a través de una sofisticada tabla de enrutamiento. [Dig, 13]



**Figura 2 Topología en malla en protocolo Zigbee [Mit, 13]**

La naturaleza de una topología en malla es descentralizada ya que cada nodo tiene la capacidad de descubrir a otros dentro de la red. Cuando un nodo deja la red los otros nodos tienen la capacidad de reconfigurar las rutas basándose en la nueva estructura de la red. Esto permite una mayor estabilidad de la red cuando cambian las condiciones de esta o cuando uno de los nodos falla.



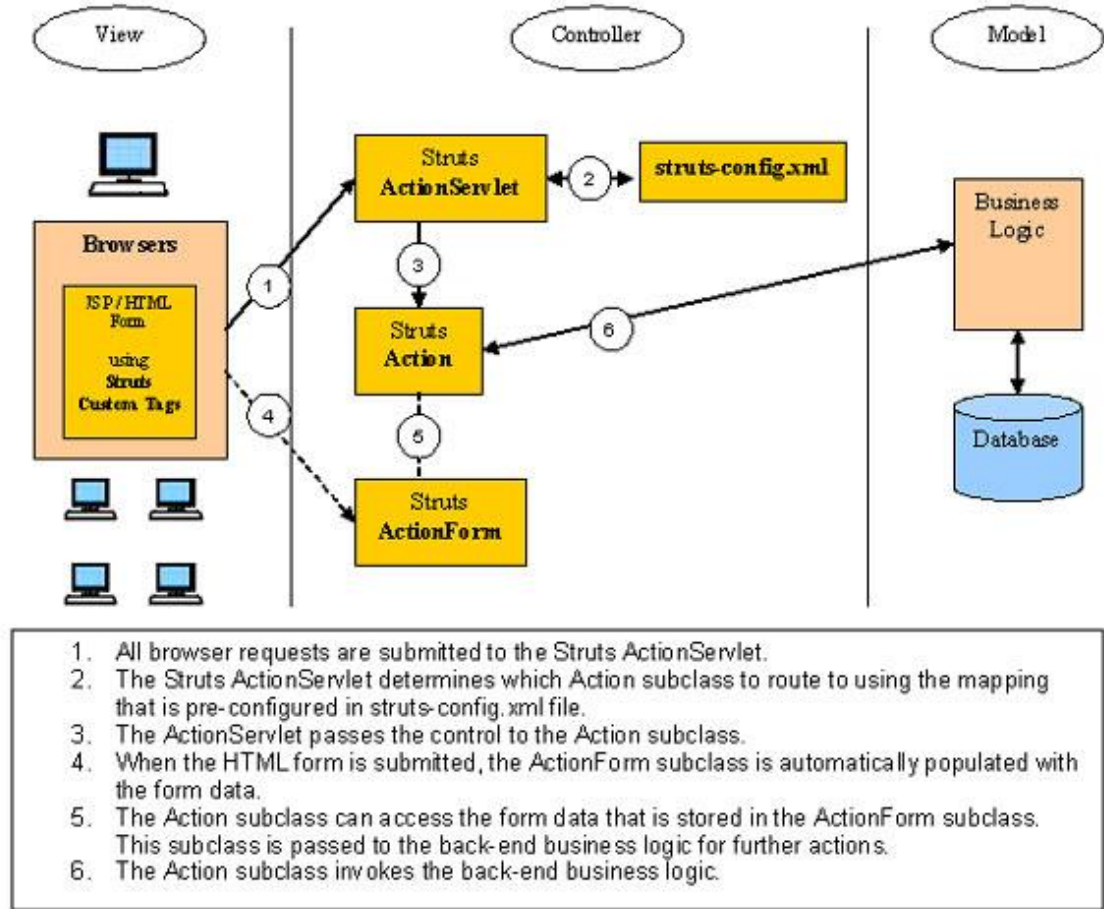


### 4.3.2 Strut 1.3.2

El framework Apache Struts es una solución gratuita de código abierto para crear aplicaciones web basadas Java.

Las aplicaciones web se diferencian de los sitios web, ya que estas pueden generar contenido dinámico. Muchos sitios web ofrecen solamente contenido estático, mientras que las aplicaciones web pueden interactuar con bases de datos y motores de lógica de negocios para personalizar una respuesta.

Las aplicaciones web basadas en JavaServer muchas veces mezclan código para conectarse e interactuar con bases de datos, código para el diseño de páginas y código para control de flujo. En la práctica si estos no están separados, aplicaciones muy grandes y complejas pueden ser difíciles de mantener. La arquitectura MVC (Modelo Vista Controlador) nos permite separar estos tres componentes en el desarrollo de una aplicación. El Modelo representa el código de negocio o de base de datos, la vista representa el código del diseño de la página, y el Controlador representa el código de navegación. Strut está diseñado para ayudar a los desarrolladores a crear aplicaciones web que utilicen la arquitectura MVC. [Str, 13].



**Figura 3 MVC y Struts [Fis, 13]**

### 4.3.3 DHTMLX

DHTMLX es una librería de JavaScript que incluye un completo conjunto de interfaces de usuario para la construcción de aplicaciones web.

Los componentes pueden ser utilizados con cualquier tecnología del lado del servidor como PHP, Java, .Net, Ruby, Grails, Python, Cold Fusion, entre otras. [Dhx, 13]



## 5. ARUSTO

Para nuestro proyecto realizaremos un prototipo que nos permita controlar el encendido y apagado de Interruptores a distancia y tener un registro del consumo de energía. Aclaramos que con la tecnología implementada se pueden desarrollar una variedad de dispositivos que nos permiten controlar y monitorizar otros terminales o aparatos electrónicos del hogar.

Este proyecto se realizó en 3 etapas con el resultado de un sistema compuesto de 3 aplicativos que permiten la interacción de los diferentes dispositivos dentro del sistema.

### 5.1 Etapa 1: Construcción de dispositivos

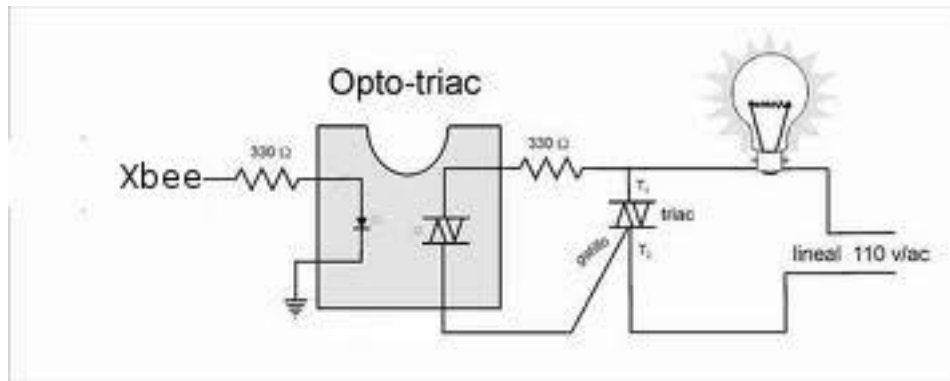
#### 5.1.1 Dispositivo On/Off

En esta etapa se construyó un dispositivo embebido cuya principal función es la recepción de comandos para el cambio de estado (en este caso encendido o apagado) del actuador; también puede redireccionar comandos o mensajes a otros dispositivos embebidos. Este dispositivo consta de un transceptor Xbee® [Dig, 13], un optotriac, un par de resistencias y un triac.

**5.1.1.1 Transceptor Xbee®:** Escogimos este dispositivo de la empresa Digi® por su bajo costo y facilidad de implementación. Aprovechamos entonces el protocolo Zigbee implementado por este dispositivo para la comunicación con los demás transceptores dentro del sistema y con la coordinadora central (ver 5.1.2). Cada uno de estos dispositivos contiene un UUID para ser identificados dentro de la red. [Dig, 13]

**5.1.1.2 Optotriac:** Este dispositivo es activado cuando recibe un pulso digital por parte del Xbee®, permitiendo así accionar el interruptor que enciende o apaga el actuador que en nuestro caso es un bombillo.

**5.1.1.3 Triac y Resistencias:** Realizan la conversión entre corriente directa DC a corriente alterna AC cuando el optotriac acciona el interruptor.

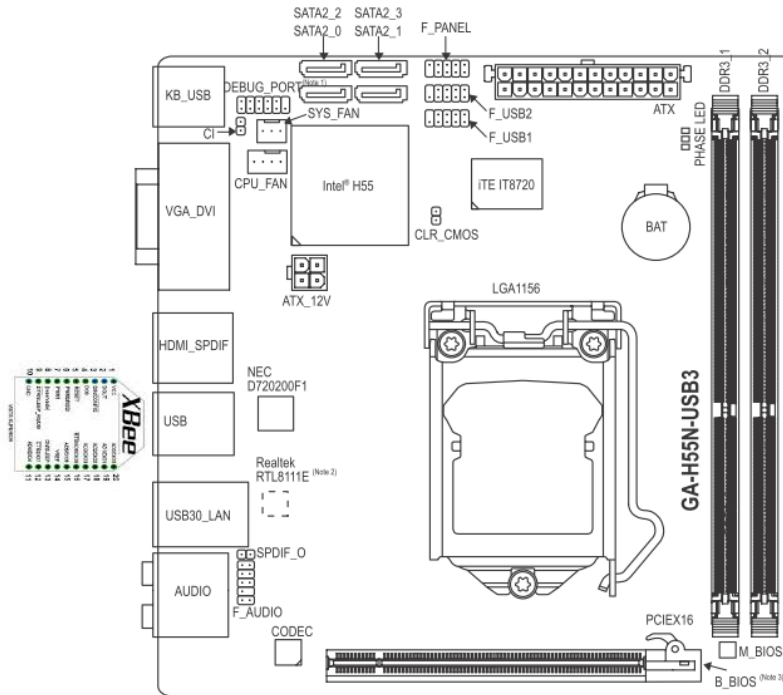


**Figura 4 Esquema Dispositivo On/Off**

## 5.1.2 Dispositivo Central

Este dispositivo se compone de un transceptor Xbee, y una mini ITX. Se encarga de recibir los comandos y las acciones que llegan del WebCore (Ver 5.2.1) o la aplicación ArustoMobile (Ver 5.3) y dirigirlas al dispositivo embebido correspondiente. También se encarga de agregar a la red los nuevos dispositivos a través de su identificador único.

**5.1.2.1 ITX:** Es un procesador Atom x86 con sistema operativo Linux con JVM (Java Virtual Machine) para la ejecución de la aplicación DomoSync (Ver 5.2.2). Se conecta al Xbee a través de RS232 o USB, enviándole los comandos dirigidos a los diferentes nodos o dispositivos en la red. La comunicación con el WebCore es por TCP y comunicación con la aplicación Mobile se logra a través de UDP.



**Figura 5 Dispositivo Central**

## 5.2 Etapa 2: Desarrollo de aplicaciones Web y Sincronización

Como dijimos antes, Arusto está compuesto por tres aplicaciones diferentes, en esta etapa se construyeron las dos principales ya que permiten la interacción entre los dispositivos contruidos en la etapa 1.

### 5.2.1 WebCore

El WebCORE se desarrolló bajo el lenguaje de programación JAVA, implementando el FRAMEWORK MVC STRUTS 1.3.8 + JPA 2.0 (Java persistense api) + DOJO-DHTMLX.



Debido a la comunicación entre diferentes aplicativos se implementaron otra serie de estándares de comunicación como es el JWX 2.0 y RESTful para la comunicación por Web services y JSON para la transmisión de cadenas de datos entre las diversas aplicaciones que conforman el sistema.

Para el desarrollo de esta aplicación se implementó el patrón MVC, unido con JPA API 2.0 para el control de la persistencia y acceso a datos; y Dojo-DHTMLX para la interface gráfica del usuario. La combinación del patrón MVC nos permite separar de forma ordenada la lógica de negocio, la vista y los datos; así mismo el acceso a los datos es separado por controladores y entidades que conforman parte de la lógica de negocio para tener un acceso controlado a la persistencia. Esto nos permite manejar de una forma ordenada el desarrollo del sistema de interacción ARUSTO.

**5.2.1.1 Controlador:** Se implementaron una serie de controladores que nos permiten capturar los llamados de acciones y manipularlos de una forma organizada para entregar los resultados esperados. Estos controladores (a nivel MVC) son mapeados de acuerdo al FRAMEWORK implementado, en nuestro caso STRUTS, estos se mapean en un archivo XML denominado Struts-config y se denominan ACTION's.

**5.2.1.2 Modelo:** El modelo es la lógica de negocio en la cual tenemos un paquete denominado BEANS y BEANS SUPPORT. Estos son implementados por los controladores, Al igual que los controladores se mapean en un archivo XML los cuales son denominados por STRUTS ACTIONFORM.

**5.2.1.3 Vista:** Las vistas son todas aquellas GUI's de interacción de usuario, sean formularios de captura de información o vistas de acción, es decir son todos



aquellos objetos que tienen una interacción directa con los usuarios finales. En nuestro caso son archivos JSP.

**5.2.1.4 Base de datos:** El sistema de persistencia se desarrolló utilizando un modelo entidad relación el cual permite la interacción entre las diferentes entidades abstraídas según las necesidades requeridas en el sistema. Para realizar la implementación utilizamos el motor de bases de datos MySQL. En el Anexo 2 se podrá apreciar el modelo entidad relación con el cual se construyó la base de datos.

En el Anexo 4 se podrán ver los módulos que componen el WebCore con una breve descripción de su funcionalidad.

## **5.2.2 DomoSync:**

El segundo aplicativo denominado DomoSync se ha implementado mediante J2SE+JXW para establecer las comunicaciones con el WebCORE. Este aplicativo nos permite sincronizar los dispositivos de control físico sensores o actuadores que utilizan el protocolo ZigBee 802.15.4 para comunicarse con la plataforma WebCORE. Además de esto permiten el acceso por medio de datagramas al control de los dispositivos físicos tipo X-BEE, obteniendo así una conexión directa con el lugar que se desea controlar.

Zigbee es implementado como un protocolo de nivel físico transaccional (capa 2) el cual nos permite por medio de una topología en malla enganchar diferentes dispositivos a diferentes longitudes y rangos, con un alcance máximo de 2.4 km con línea de vista y una encriptación de datos de 512 bytes.

### 5.3 Desarrollo de ArustoMobile:

El último aplicativo denominado ArustoMobile está desarrollado sobre JSON + JWX o RESTful de acuerdo al tipo de plataforma Mobile que se esté implementando (Symbian, Android o iOS), el aplicativo nos permite autenticar los usuarios contra WebCORE y a su vez controlar los lugares con una interacción directa entre el aplicativo ArustoMobile y el aplicativo DomoSync.

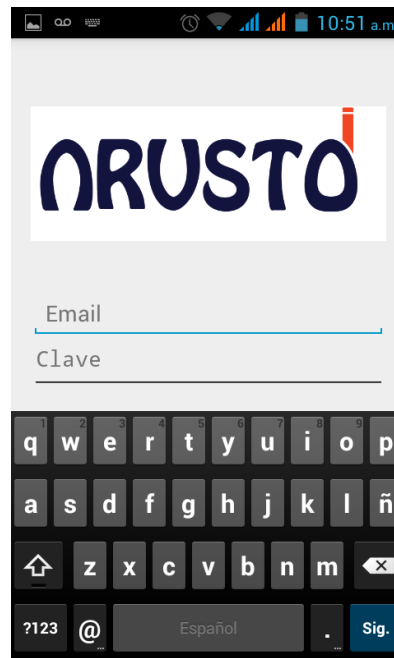
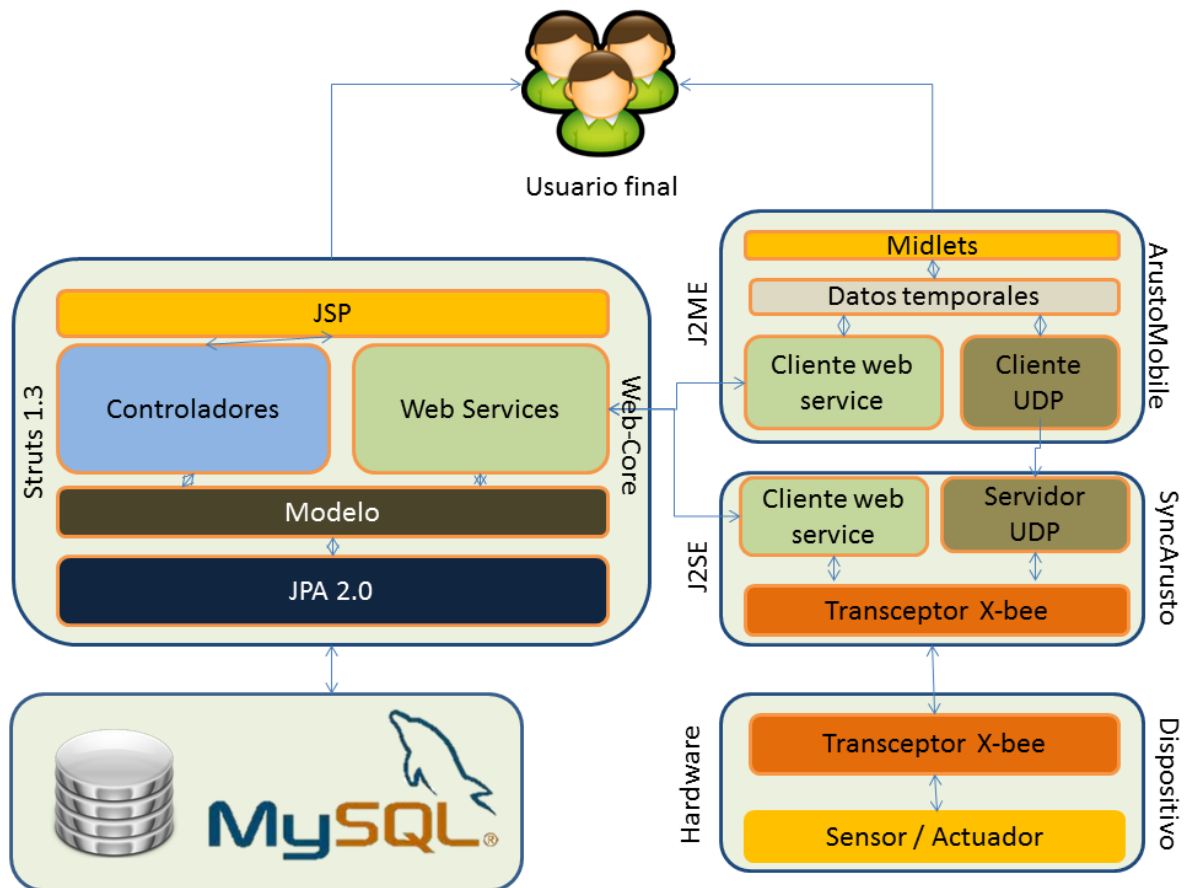


Figura 6 Pantalla Login ArustoMobile

### 5.4 Arquitectura de la solución

A continuación se presenta de forma detallada la arquitectura del sistema de control domótico ARUSTO.





**Figura 7 Arquitectura Arusto**

### 5.5 Infraestructura

Nuestra infraestructura para soportar la serie de aplicaciones y su portal fue facilitada por lam Magis®; esta consiste de un servidor centralizado con sistema operativo base UNIX de distribución UBUNTU SERVER. Además de esto se realizaron las adecuaciones para el manejo de la información con el motor de base de datos MySQL. Para lograr la ejecución del portal y brindar los servicios de interconexión, se implementa JDK7 + APACHE.

CLOUD SERVER Actions ▾

---

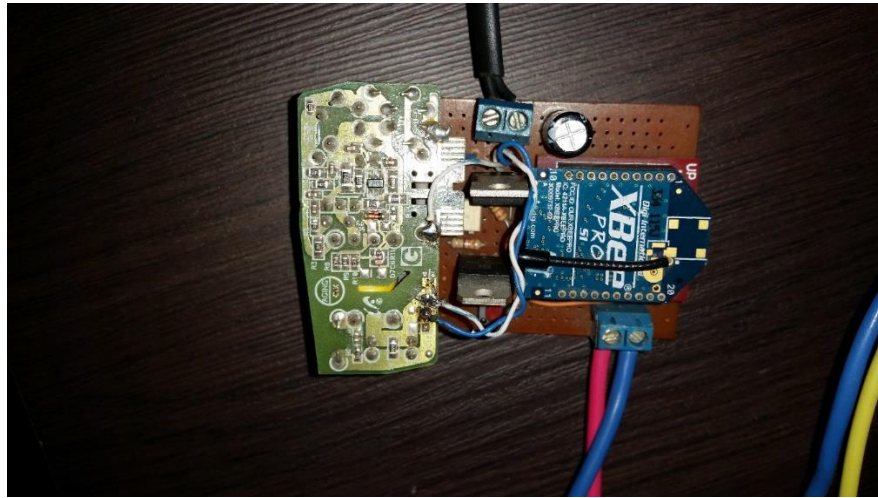
### Server Details ^

|                    |   |
|--------------------|---|
| Server Status      | <b>Active</b>   |
| ID                 | b3070226-429a-40de-afc8-0cfb6f5b5be9  |
| System Image       | Ubuntu 14.04 LTS (Trusty Tahr) · <a href="#">Rebuild...</a>   |
| Flavor             | 4 GB Performance  |
| SSH Keyname        | None <a href="#">?</a>  |
| Disk Configuration | Automatic <a href="#">?</a>   |
| RAM                | <div style="width: 28%;"><div style="background-color: #0070C0; height: 10px;"></div></div> 1.1 GB of 3.9 GB  |
| Disk               | <div style="width: 11%;"><div style="background-color: #0070C0; height: 10px;"></div></div> 4.2 GB of 38.3 GB |
| CPUs               | <div style="width: 0%;"><div style="background-color: #0070C0; height: 10px;"></div></div> 0%                 |
| Processes          | <a href="#">View Running Processes...</a>   |
| Monitoring Agent   | <b>Connected</b>  |
| Region             | Northern Virginia (IAD)   |
| Reverse DNS        | 0 Records · <a href="#">Add Record...</a>   |
| Created Date       | Jul 1, 2014 - 1:04 PM EDT   |
| Last Updated       | Sep 11, 2014 - 11:19 AM EDT   |

**Figura 8 Especificaciones del Servidor**

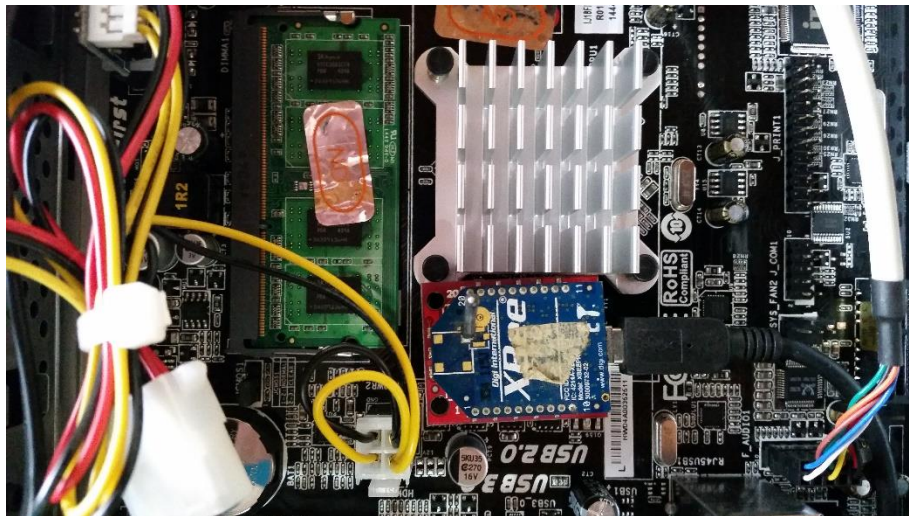
### 5.6 Prototipo Arusto

Para realizar las pruebas de las aplicaciones desarrolladas para Arusto, se construyeron 2 dispositivos On/Off.

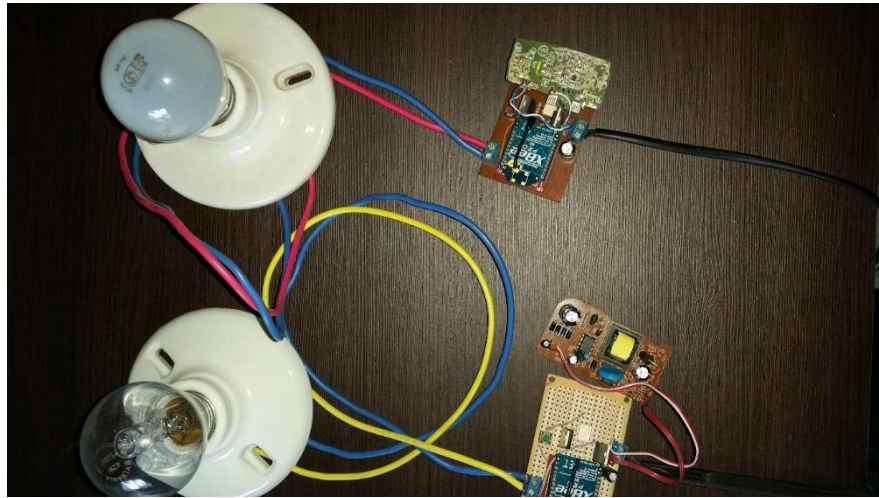


**Figura 9 Prototipo dispositivo On/Off**

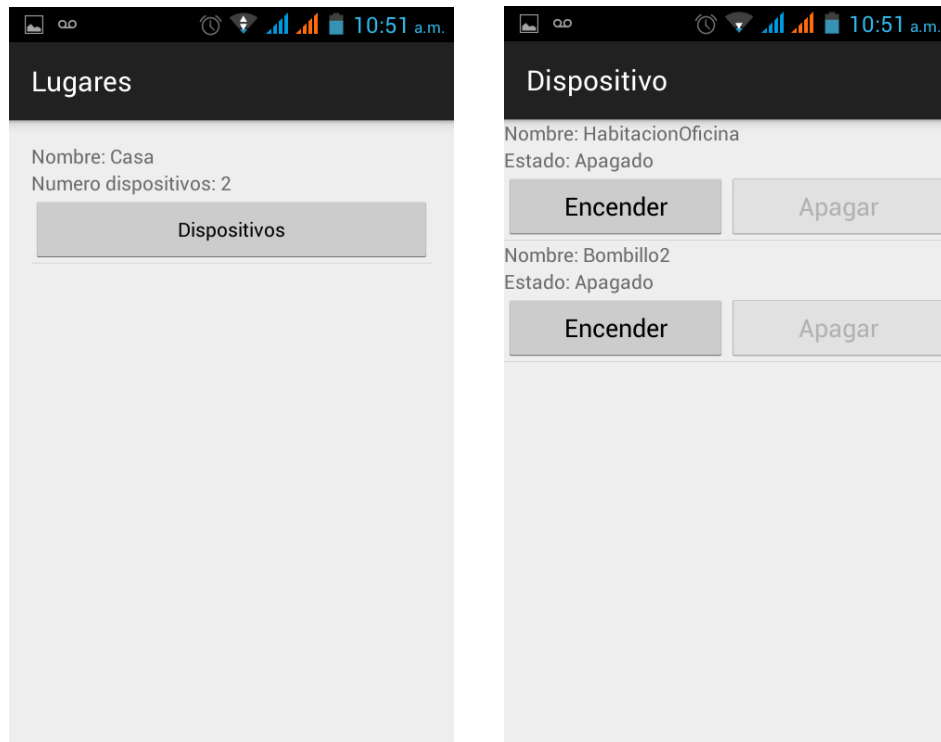
Para el dispositivo central usamos como lo describimos antes una mini ITX; instalamos en ella el sistema operativo Debian de distribución Ubuntu y ejecutamos el programa DomoSync sin problemas. Además usamos sus puertos USB para la conexión del Xbee que utiliza el dispositivo central para la comunicación con los demás dispositivos dentro de la red doméstica.



**Figura 10 Prototipo Dispositivo Central**



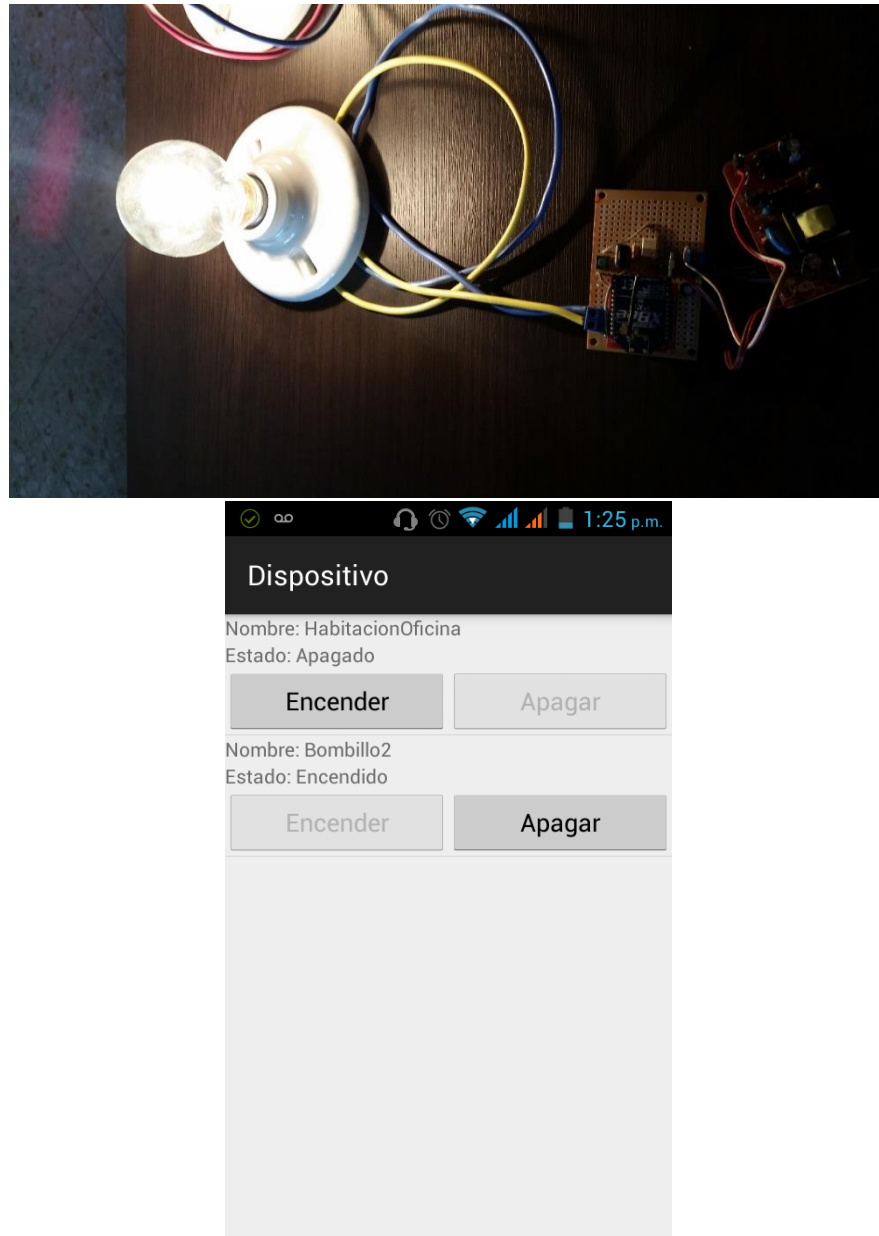
**Figura 11** Prototipos simulación de habitaciones



**Figura 12** Simulación de habitaciones ArustoMobile

Luego los dos dispositivos On/Off fueron conectados a 2 bombillos; de esta manera simulamos dos habitaciones de un hogar con las cuales podemos interactuar, logrando

encender y apagar cada uno de ellos desde la aplicación Web y también desde la aplicación Mobile.



**Figura 13 Cambio de estado en dispositivo**

Para completar nuestra prueba, nos conectamos también desde diferentes redes, incluso la red de datos celular y no tuvimos ningún problema para el control de nuestros prototipos.



Esta prueba se hizo desde el lugar donde instalamos nuestros dispositivos y también desde un lugar remoto al hogar simulado.

### 5.7 Consumo de energía

En el anexo 5 [EPM, 12] Presentamos una tabla de consumos promedio de energía según el tipo de electrodoméstico. A continuación, mostramos el consumo de dos tipos de bombillos, ya que son el tipo de electrodoméstico con el cual realizamos la prueba:

| Electrodoméstico             | Vatios de potencia | Equivalencia en kW | Tiempo de uso en horas al mes | Consumo en kWh mes |
|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| Bombillo 100 vatios          | 100                | 0,1                | 120                           | <b>12</b>          |
| Bombillo ahorrador 25 vatios | 25                 | 0,025              | 120                           | <b>3</b>           |

**Tabla 4 Consumo bombillos**

Según estos datos, con un bombillo de 100W gastamos 3kWh al mes y con un bombillo de 25W gastamos 0.75 kWh al mes. Con Arusto podríamos bajar el consumo total, ya que nos permitiría bajar la cantidad de horas de uso de un bombillo según como aprovechemos el sistema domótico en las diferentes situaciones que se puedan presentar en nuestro hogar; un ejemplo es el apagado de la luz exterior remotamente cuando salimos de casa. También hay que destacar que desde el sitio Web se puede programar el horario de encendido y apagado automáticamente, permitiendo que las personas controlen los horarios según sus preferencias, evitando gastos adicionales cuando no se encuentran en su hogar.

### 5.8 Costo

En las siguientes tablas encontraremos el posible costo de fabricación y valor comercial que tendría un Kit básico Arusto según la implementación que hicimos de los prototipos.



| Dispositivo         | Unidades | Costo fabricación | Total fabricación |
|---------------------|----------|-------------------|-------------------|
| Dispositivo ON/OFF  | 3        | \$45,000          | \$135,000         |
| Dispositivo Central | 1        | \$267,000         | \$267,000         |
| <b>Total KIT</b>    |          | <b>\$312,000</b>  | <b>\$402,000</b>  |

**Tabla 5 Costo fabricación Arusto**

| Dispositivo         | Unidades | Valor Comercial  | Total Comercial  |
|---------------------|----------|------------------|------------------|
| Dispositivo ON/OFF  | 3        | \$70,000         | \$210,000        |
| Dispositivo Central | 1        | \$350,000        | \$350,000        |
| <b>Total KIT</b>    |          | <b>\$420,000</b> | <b>\$560,000</b> |

**Tabla 6 Valor Comercial Arusto**



## 6. CONCLUSIONES

- A pesar de los desarrollos tecnológicos y los continuos aportes del gobierno a través de su ministerio de las TICs, la domótica no es un campo muy desarrollado en Colombia; además no encontramos industria local que abarque este tema. La mayoría de productos están dirigidos a estratos altos; pero con Arusto podríamos desarrollar dispositivos de bajo costo que permitirían que este tipo de tecnologías fuera accesible a estratos más bajos.
- Con el dispositivo desarrollado podemos lograr un ahorro en el consumo de energía o simular una casa habitada con el encendido y apagado de los bombillos desde cualquier lugar con una conexión a Internet. Pero también, como lo hemos mencionado, podemos ampliar la gama de actuadores que reciban señales de nuestro dispositivo, haciéndolo un sistema de fácil escalabilidad y control múltiple a distancia.
- En la actualidad la infinidad de desarrollos tecnológicos y la manera exponencial en que estamos presenciando sus lanzamientos, hacen de la innovación la palabra de moda; debemos aprovechar entonces la tecnología y desarrollos domóticos como este, no solo para mejorar los procesos sino también la calidad de vida y el cuidado del medio ambiente.
- El avance de este tipo de dispositivos y tecnologías no solo facilitaría a una persona el desarrollo de actividades dentro del hogar, también podría mejorar la calidad de vida de personas discapacitadas, sin tener que depender de otras personas, ya que ayudarían en muchas funciones que para ellos son limitadas.





- Los componentes web y la tecnología móvil usados en el proyecto, hacen de este un producto que está a la vanguardia de las tecnologías actuales, permitiendo que cualquier persona que quisiera implementarlo lo pueda hacer sin problemas y con las herramientas que se pueden encontrar en la mayoría de hogares en Colombia.
- La tecnología con que se desarrolló Arusto, nos permitiría una fácil implementación en cualquier hogar colombiano, ya que no se necesitan modificaciones a gran escala de los cableados ya existentes de una casa o edificio, porque que las comunicaciones entre dispositivos son inalámbricas.
- Uno de los principales obstáculos que posiblemente enfrentaríamos, es el poco conocimiento que tiene la población Colombiana sobre estas tecnologías, además por la percepción de que este tipo de dispositivos y su implementación son costosos. Por este motivo se debe pensar muy bien como resaltar las ventajas que tiene Arusto tanto en funcionalidad como en precio.



## 7. TRABAJOS FUTUROS

Para complementar Arusto se debe pensar en nuevos desarrollos o actualizaciones que pueden incluir:

- Notificaciones *push* en las aplicaciones Mobile.
- Monitoreo de eventos atípicos provenientes de fuentes externas al sistema y manejo de excepciones.

Adicionalmente con esta base de desarrollo se puede continuar con la implementación de nuevos dispositivos o tecnologías, tanto en la Domótica como en la Urbotica e Inmotica tales como:

- Dispositivo análogo digital para control y monitoreo de máquinas a distancia.
- Dispositivo de control de consumo del complejo eléctrico urbano.
- Dispositivos de asistencia o monitoreo para personas de la tercera edad o con discapacidades.

Para terminar como lo describen Giovanni Acampora y Vincenzo Loia en “Fuzzy Control Interoperability for Adaptative Domotic Framework” podemos contar con la unión de la domótica con la inteligencia artificial y los sistemas difusos, los cuales permitirán mayor automatización sobre los dispositivos y sistemas desarrollados para su uso en el hogar. [AL, 04]



## BIBLIOGRAFÍA

[Ald, 03] Aldrich, Frances K. Smart Homes, Past, Present and Future. Inside the Smart Home 2003 pp 17-39.

[Cas. 13] Casadomo. Dispositivos de sistemas de domótica  
<http://www.casadomo.com/noticias/-2185>. Página visitada en Noviembre de 2013

[Goo, 02] Goodwill, James. Mastering Jakarta Struts. 2002

[Bre, 13] Brewer, Dennis C. Home Automation Made Easy: Introduction to Control Protocols and Automation Process. 2013

[Hen, 06] Henao, Oscar D. Hardware y Software Domótico. 2006

[MRA,10] Miori Vittorio. Russo Dario. Aliberti Massimo. Domotic Technologies Incompatibility Becomes User Transparent. 2010.

[Elt, 13] El Tiempo. La domótica sigue ganando terreno  
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3816951>. Página visitada en Octubre de 2013.

[Cvn,13] Centro Virtual de Noticias de la Educación. Domótica con sello Colombiano  
<http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-234240.html>. Página visitada en Octubre de 2013.

[PeS] Periodico SENA. Aprendices construyen laboratorio para el aprendizaje y aplicación de la domótica  
[http://periodico.sena.edu.co/transferecia/noticia.php?t=aplicacion\\_domotica&i=69](http://periodico.sena.edu.co/transferecia/noticia.php?t=aplicacion_domotica&i=69).  
Página visitada en Octubre de 2013.

[Dig] Digi®. ZigBee® Wireless Standard <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee>. Página visitada en Noviembre de 2013.

[Mit,13] MITS CORPORATION. A Sample ZigBee Mesh Network  
[http://www.mitscomponent.com/product\\_50\\_Jennic%20Product.html](http://www.mitscomponent.com/product_50_Jennic%20Product.html). Página visitada en Noviembre de 2013.

[Str, 13] Struts. Descripción framework Struts  
<http://struts.apache.org/release/1.3.x/index.html>. Página visitada en Noviembre de 2013.



[Fis, 13] Fisher Systems India Pvt. Ltd. MVC and Struts  
<http://www.fiscindia.com/home/technologies/design-philosophy/mvc-mvp/>. Página visitada en Noviembre de 2013.

[Dhx, 13] DHTMLX. DHTMLX Framework. <http://dhtmlx.com/docs/products/>. Página visitada en Noviembre de 2013.

[RAE, 14] Real Academia Española. Domótica. <http://lema.rae.es/drae/?val=domotica>. Página visitada en Abril de 2014.

[Hui, 07] Huidoro J. La domótica como solución de futuro Capítulo 1: Concepto, campo de aplicación y Beneficios. 2007

[EIP, 08] Ebel F., Idler S., Prede G., Scholz D. Fundamentos de la técnica de automatización. Libro técnico. 2008.

[Cab, 98] Cabero J. Creación de materiales para la innovación educativa con Nuevas Tecnologías. 1998.

[Bel, 00] Belloch, Consuelo. RECURSOS TECNOLÓGICOS (TIC). 2000.

[TN, 99] Trends in Japan's Smart Handheld Device Market. Computing Japan. Vol 6. Fascículo 3. Marzo 1999.

[UPM,14] Open Course Ware. Universidad politécnica de Madrid.  
<http://ocw.upm.es/lenguajes-y-sistemas-informaticos/estructuras-de-datos/contenidos/tema4nuevo/Arboles.pdf> Página visitada en Septiembre de 2014.

[IEEE 802.15.4] Estándar IEEE 802.15.4 de WPAN. Consultado en Septiembre de 2014.

[JAV, 14] General questions. Java Resources.  
[http://www.java.com/en/download/faq/whatis\\_java.xml](http://www.java.com/en/download/faq/whatis_java.xml). Página visitada en Septiembre de 2014.

[PE, 14] Procedia Engineering. Designing an MVC Model for Rapid Web Application Development. Volume 69. Pages 1172–1179. 2014.

[MOZ, 14] Mozilla Documentation. Acerca de JavaScript.  
[https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Acerca\\_de\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Acerca_de_JavaScript). Página visitada en Septiembre de 2014.

[CA, 98] Curriculum Administrator. What is a GUI and why do I need one?. Vol 34. Issue 2. p33. Septiembre de 1998

[OXF, 14] Diccionario de Oxford <http://www.oxforddictionaries.com/es/traducir/ingles-espanol/GUI?q=gui>. Página visitada en Septiembre de 2014.

[SSW, 04] Andrew N. Sloss, Dominic Symes, Chris Wright and John Rayfield. ARM System Developer's Guide - Designing and Optimizing System Software CHAPTER 10 – FIRMWARE. 2004

[GUT, 14] Gutiérrez, Javier J. ¿Qué es un framework web?. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos Universidad de Sevilla.  
[http://www.lsi.us.es/~javieri/investigacion\\_ficheros/Framework.pdf](http://www.lsi.us.es/~javieri/investigacion_ficheros/Framework.pdf). Página visitada en Marzo 2014.

[AL, 04] Acampora, Giovanni. Loia, Vincenzo. Fuzzy Control Interoperability for Adaptative Domotic Framework. 2004.

[BNC, 14] Basic Network Concepts.  
<http://brweb.haltonrc.edu.on.ca/202204/ICE4/Networks/NetworkingConcepts.pdf>.  
Página visitada en Abril 2014.

[Cel, 08] CEDOM Asociación Española de Domótica, IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Como ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. 2008

[CoU, 07] Correa C, Uribe I. Grupo de Investigación, Desarrollo y Aplicación en Telecomunicaciones e Informática (GIDATI). Investigación del mercado domótico colombiano. El Cuaderno Ciencias Estrategicas. Volumen 1. Págs 89–94. 2007.

[EPM, 12] EPM. Uso inteligente de la energía eléctrica Banco de recomendaciones. 2012  
[https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco\\_de\\_recomendaciones\\_uso\\_inteligente\\_energia\\_electricamarzo\\_27.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf). Página visitada en Mayo 2015.

## Otras Referencias

- Ingecasa. La Domotica. <http://ingecasa.com/Domotica.pdf>. Página visitada Octubre 2013.
- Universidad de Mursia. 9.2 Domótica (Automatización de viviendas).  
<http://www.um.es/docencia/barzana/IATS/lats09.html>. Página visitada Noviembre 2013.

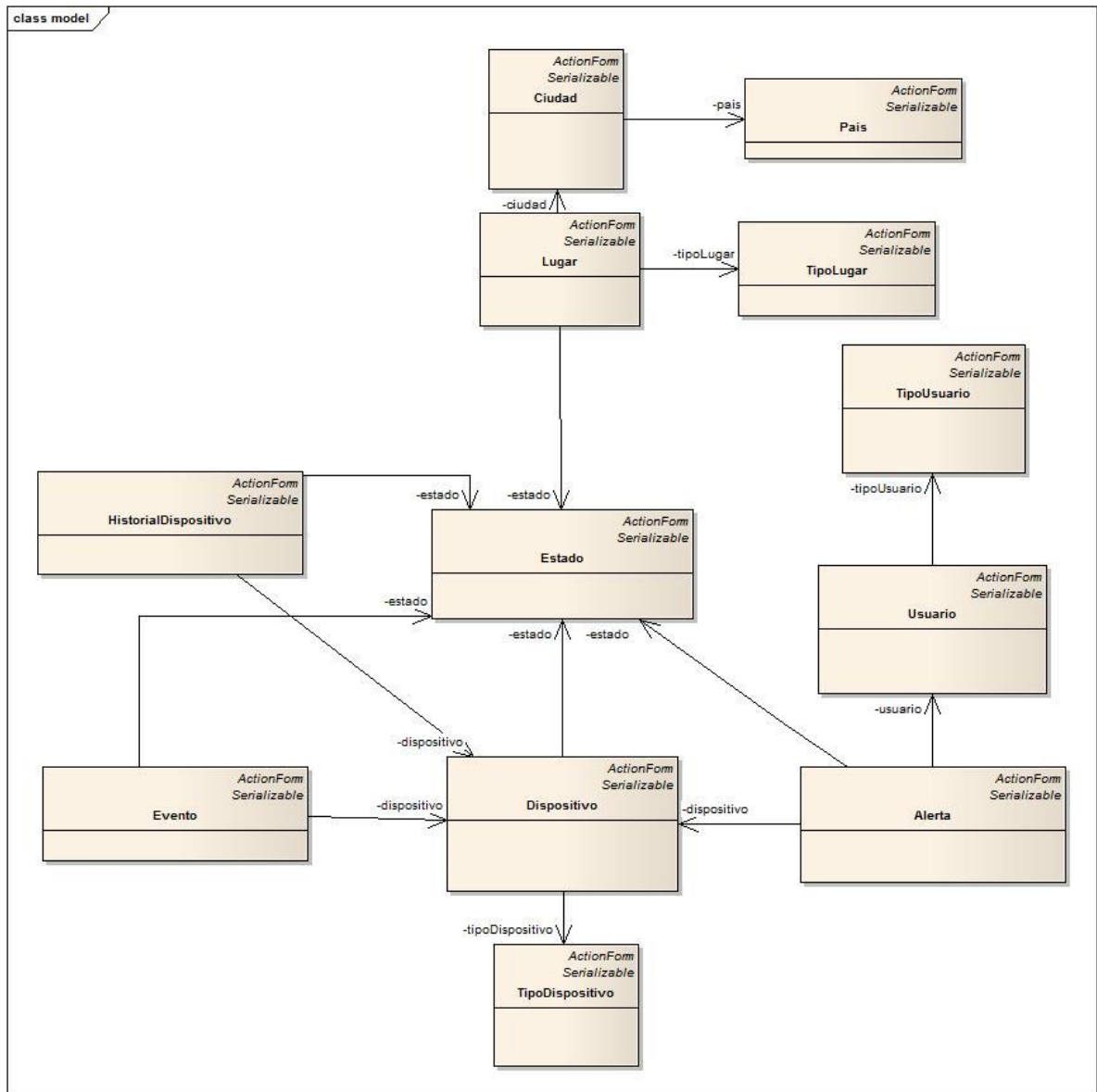


- DomoDesk. ¿Qué es Domótica? <http://www.domodesk.com/que-es-domotica>. Página visitada en Octubre 2013.
- Investigación para el desarrollo de software en domótica orientado al sector doméstico y empresarial de Colombia. <http://www.scribd.com/doc/30715431/INVESTIGACION-PARA-EL-DESARROLLO-DE-SOFTWARE-EN-DOMOTICA-ORIENTADO-AL-SECTOR-DOMESTICO-Y-EMPRESARIAL-DE-COLOMBIA#scribd>. Página visitada en Noviembre 2014
- Asociación Española de Domótica e Inmótica CEDOM. Qué es Domótica. <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>. Página visitada en Octubre 2013.
- DOMOPRAC. Historia de la domótica: pasado, presente y futuro - 4. La llegada de los Protocolos Propietarios. <http://www.domoprac.com/protocolos-de-comunicacion-y-sistemas-domoticos/historia-de-la-domotica-pasado-presente-y-futuro/4.-la-llegada-de-los-protocolos-propietarios.html> Página visitada en Abril 2014.
- Fenercom. La Domótica como solución de Futuro. <http://www.fenercom.com/http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/la-domotica-como-solucion-de-futuro-fenercom.pdf> Página visitada en Noviembre 2014
- Marulanda, Juan Sebastian. Campo, Juan Fernando. Desarrollo de un prototipo de simulador de sistema domótico para hogares, basado en redes de protocolo X10. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1340>. Universidad Tecnológica de Pereira. 2010.
- Digital Trends. What the heck are ZigBee, Z-Wave, and Insteon? Home automation standards explained. <http://www.digitaltrends.com/home/zigbee-vs-zwave-vs-insteon-home-automation-protocols-explained/#!bCD0Rb>. Página visitada en Marzo 2014.
- Tom's Hardware. An Introduction to Home Automation. <http://www.tomshardware.com/reviews/home-automation-insteon,2308-3.html>. Página visitada en Marzo 2014.
- Lennvall, Tomas. Svensson, Stefan. Hekland, Fredrik. A comparison of WirelessHART and ZigBee for Industrial Applications. 2008.



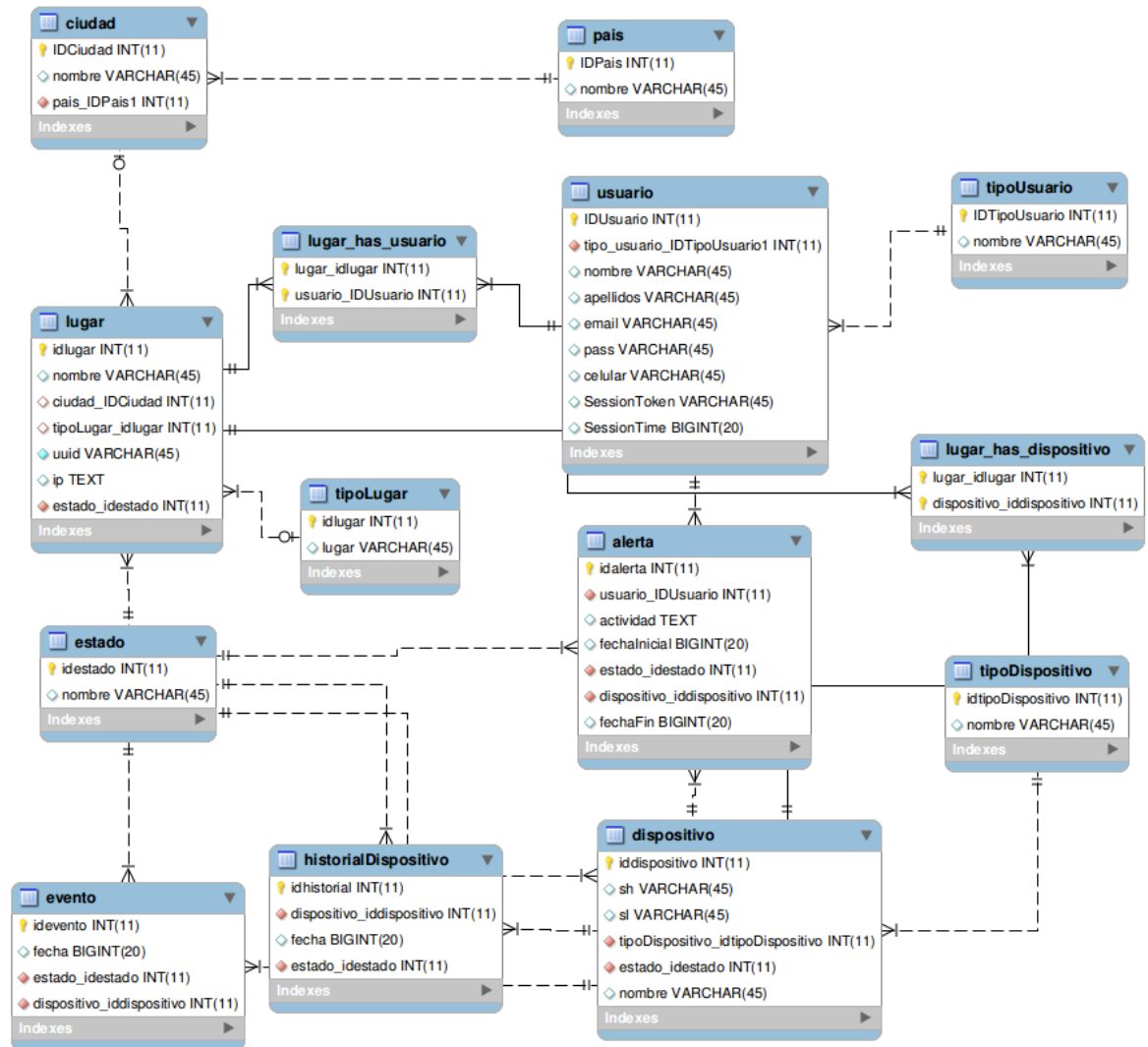
## ANEXOS

### Anexo 1 Diagrama de clases





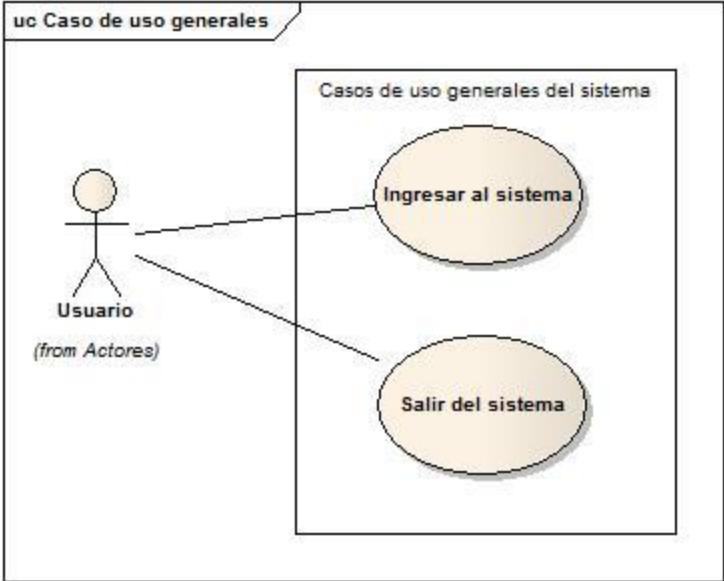
## Anexo 2 Modelo entidad relación



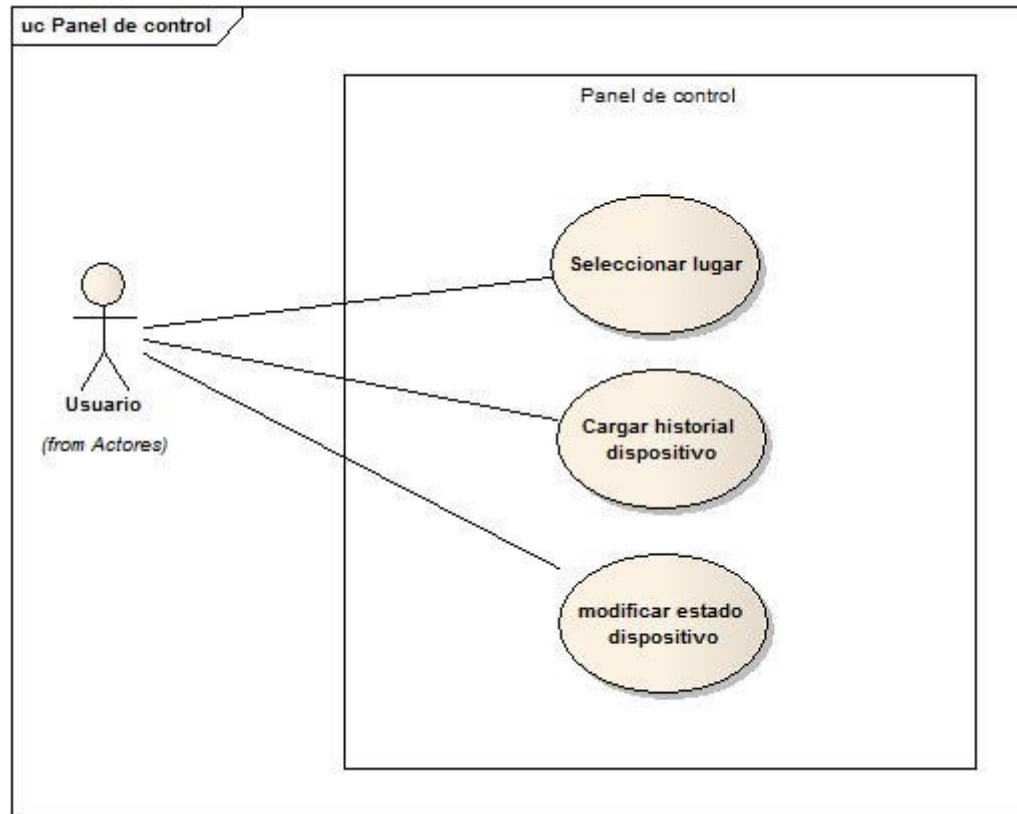


**Anexo 3 Casos de Uso**

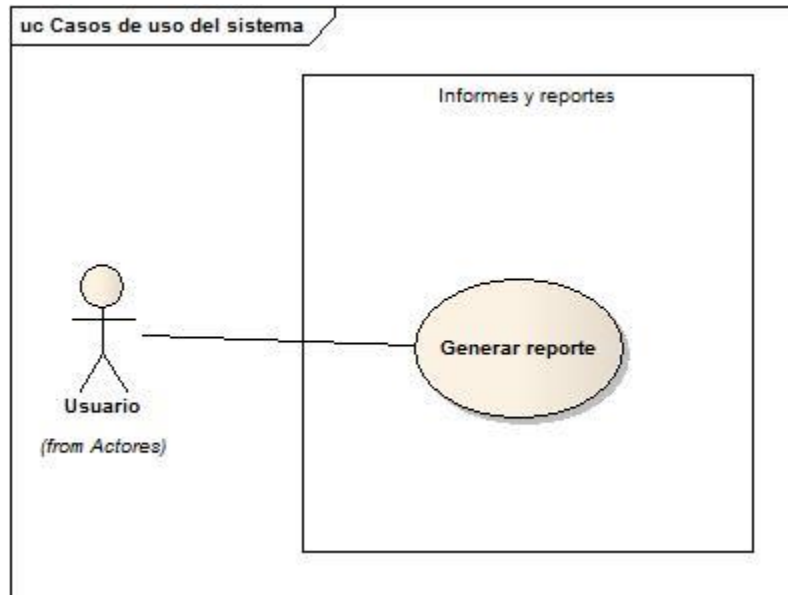
**Anexo 3.1 Casos de uso del sistema**



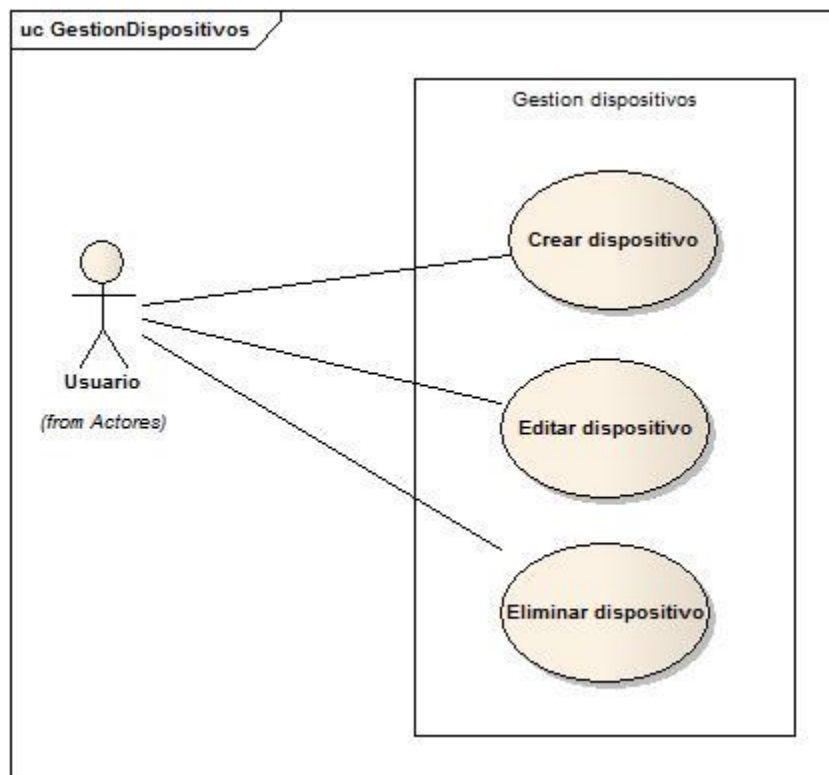
### Anexo 3.2 Casos de uso Panel de control



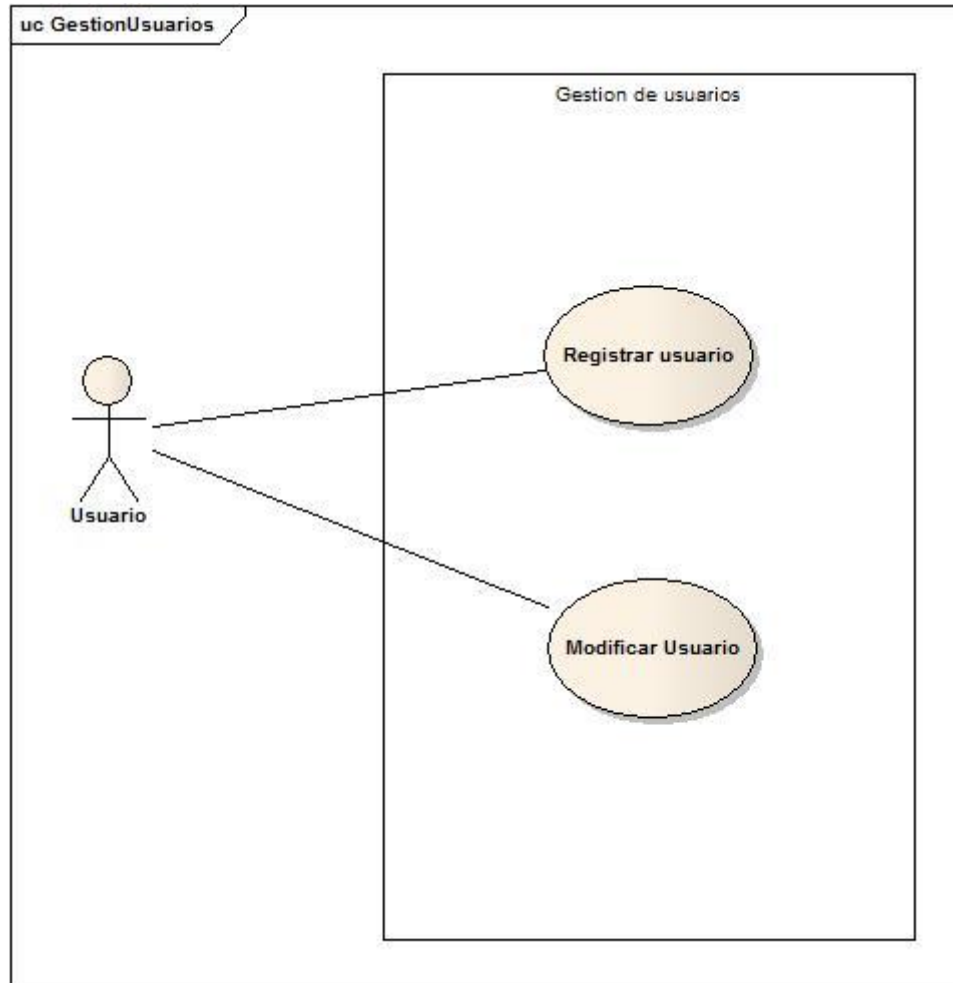
### Anexo 3.3 Casos de uso Reportes



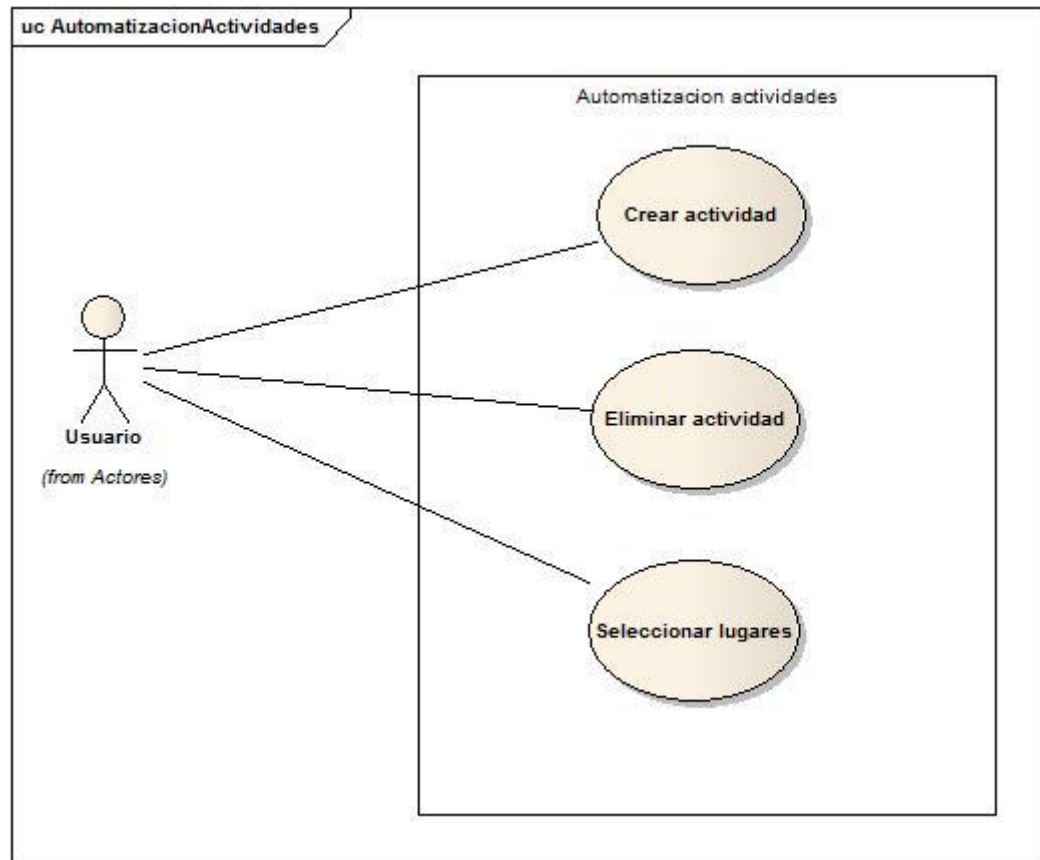
### Anexo 3.4 Casos de uso Gestión dispositivos



### Anexo 3.5 Casos de uso Gestión de usuarios



### Anexo 3.6 Casos de uso Actualización de actividades





## Anexo 4 Arusto WebCore

### Anexo 4.1 Módulo de ingreso para usuario

En este módulo el usuario podrá ingresar con su usuario y contraseña. Si aún no se cuenta con usuario y contraseña se puede registrar fácilmente.

The screenshot shows the Arusto user interface. At the top, there is a dark navigation bar with the text "Tu vida facilArusto" on the left. On the right side of this bar, there are two input fields: "CORREO ELECTRONICO" containing "sebasariz@iammagis.cc" and "CONTRASEÑA" containing "\*\*\*\*\*". To the right of these fields is a button labeled "Ingresar →".

Below the navigation bar, the main content area is white. On the left, there is a registration form titled "Registrate" with the following fields: "Nombre:", "Apellidos:", "Celular:", "E-mail:" (containing "sebasariz@iammagis.com"), and "Clave:" (containing "\*\*\*\*\*"). A "Registrar →" button is located at the bottom of the form.

On the right side of the main content area, the "ARUSTO" logo is displayed in a stylized font. To the right of the logo are social media icons for RSS, Twitter, and Facebook. Below the logo is a red button with the text "Leer mas" and a play icon. At the bottom of this section, there are several small icons representing different services or features.

At the bottom of the page, there is a dark footer bar. On the left, it contains the text "Arusto S.A.S | Privacy policy". On the right, it contains the website address "www.arusto.com" and the email address "soporte@arusto.com".

## Anexo 4.2 Módulo Panel de Control

En este módulo el usuario podrá seleccionar los diferentes dispositivos que tiene instalados en el hogar.

| SH       | SL       | Nombre       | Tipo    | Estado   |
|----------|----------|--------------|---------|----------|
| 0013a200 | 406c415d | Habitacion 1 | Apagado | Bombillo |

En las siguientes imágenes se ve como luego de escoger el dispositivo este se muestra en el panel superior, permitiendo interactuar con el bombillo para el encendido y apagado, además muestra una lista de los cambios de estado y la fecha y hora en que se realizaron.





### Anexo 4.3 Módulo Informes y Reportes

Aquí podremos generar reportes de la actividad del dispositivo que seleccionemos y los consumos de este.

The screenshot displays the 'Graficas e informes de consumo' (Charts and consumption reports) module. The page header includes the logo 'Tu vida facil Arusto' and navigation links: 'PANEL DE CONTROL', 'CONTACTENOS', 'PRODUCTOS', and 'SALIDA SEGURA'. A search bar is located in the top right. The left sidebar contains a menu with the following items: 'Panel de control', 'Informes y Reportes', 'Automatizacion de actividades', 'Gestion de Alertas', 'Gestion de Dispositivos', and 'Gestion de Lugares'. The main content area features a title 'Graficas e informes de consumo' and a filter section with 'Fecha final' (Final date) fields and a 'Nombre' (Name) dropdown menu set to 'casa1'. Below the filters is a donut chart showing 100% consumption for 'Habitacion 1' (Room 1) with a value of 0.4947166666666667. A table below the chart lists the consumption data:

| SH       | SL       | Nombre       | Estado    | Consumo (Minutos)  |
|----------|----------|--------------|-----------|--------------------|
| 0013a200 | 406c+15d | Habitacion 1 | Encendido | 0.4947166666666667 |



## Anexo 4.4 Módulo Automatización de Actividades

El usuario podrá programar eventos u actividades para que sean ejecutadas automáticamente por sus dispositivos según la fecha y hora que se ingrese.

**Tu vida facilArusto**    PANEL DE CONTROL >    CONTACTENOS >    PRODCUTOS >    SALIDA SEGURA >

Automatización de actividades

Nombre:

Lista Dispositivos

| SH       | SL       | Nombre       | Tipo      | Estado   |
|----------|----------|--------------|-----------|----------|
| 0013a200 | 406c415d | Habitacion 1 | Encendido | Bombillo |

Lista Eventos:

| Fecha               | Evento    |
|---------------------|-----------|
| 2012-05-16 16:59:10 | Encendido |

Crear Evento del dispositivo:



## Anexo 4.5 Módulo Gestión de Alertas

Cuando el usuario lo requiera puede programar alertas de cambio de estado de sus dispositivos determinando el rango de fechas, el estado y el dispositivo que quiere monitorear.

**Gestion de Alertas**

Listad de alertas

| Fecha Inicial       | Fecha Final         | Dispositivo  | Estado    |
|---------------------|---------------------|--------------|-----------|
| 2011-10-10 15:56:28 | 2012-10-10 15:56:29 | Habitacion 1 | Encendido |
| 2010-10-10 15:56:49 | 2010-10-12 15:56:52 | Habitacion 1 | Apagado   |

Crear Alerta

Lugar:

Crear Alerta

Fecha inicial:

Fecha final:

Estado:

Dispositivo:



## Anexo 4.5 Módulo Gestión de Dispositivos

Cada dispositivo debe ser registrado en el sistema, aquí el usuario podrá encontrar la lista de sus dispositivos para cambiar características como el nombre y el tipo. O también podrá eliminar el dispositivo del sistema cuando no sea requerido.

The screenshot displays the 'Gestión de Dispositivos' (Device Management) interface. At the top, the header includes 'Tu vida facilArusto' and navigation links: 'PANEL DE CONTROL', 'CONTACTENOS', 'PRODUCTOS', and 'SALIDA SEGURA'. A search bar is located below the header.

The main content area features a sidebar menu on the left with options: 'Panel de control', 'Informes y Reportes', 'Automatizacion de actividades', 'Gestion de Alertas', 'Gestion de Dispositivos', and 'Gestion de Lugares'. The central area is titled 'Gestión de Dispositivos' and includes a link 'Dispositivos -> Crear Dispositivo ->'. Below this is a table with the following data:

| Nombre       | Tipo     | SH       | SL       | Editar | Eliminar |
|--------------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Habitacion 1 | Bombillo | 0013a200 | 406c415d |        |          |

The footer contains several sections: 'Idiomas' with links for 'Incles', 'Español', and 'Italiano'; 'Publicidad' with links for 'Certification', 'Education', 'Careers', 'For Midsize Companies', 'Investors', 'Technology Network', and 'FAQs'; 'Nosotros' with links for 'Contactenos' and 'Productos'; and a calendar for 'October 2014' showing dates from 1 to 31, with the 18th highlighted in red.



## Anexo 4.6 Módulo Gestión de Lugares

El usuario debera registrar cada uno de los lugares donde instale un sistema, entonces aqui el usuario podra encontrar la lista de sus lugares para cambiar características como el nombre, la ciudad y el tipo. O también podrá eliminar un lugar cuando no sea requerido.

**Tu vida facil**Arusto

PANEL DE CONTROL > CONTACTENOS > PRODUCTOS > SALIDA SEGURA >

Panel de control  
Informes y Reportes  
Automatizacion de actividades  
Gestion de Alertas  
Gestion de Dispositivos  
Gestion de Lugares

### Gestion de Lugares

[Lugares](#) -> [Crear Lugar](#) -> [Agregar Lugar](#) ->

| Nombre | Tipo        | Ciudad   | Identificador | Editar | Eliminar |
|--------|-------------|----------|---------------|--------|----------|
| casa1  | Apartamento | Medellin | 12345         |        |          |

**Idiomas**  
[Ingles](#)  
[Español](#)  
[Italiano](#)

**Publicidad**  
Certification  
Education  
Careers  
For Midsize Companies  
Investors  
Technology Network  
FAQs

**Nosotros**  
Contactenos  
Productos

October 2014

| Su | Mo | Tu | We | Th | Fr | Sa |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    | 1  | 2  | 3  | 4  |
| 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |



## Anexo 5 Tabla de consumos EPM

| Electrodoméstico                            | Vatios de potencia | Equivalencia en kW | Tiempo de uso en horas al mes | Consumo en kWh mes |
|---|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| <b>Iluminación</b>                          |                    |                    |                               |                    |
| Bombillo 100 vatios                         | 100                | 0.1                | 120                           | 12                 |
| Bombillo 60 vatios                          | 60                 | 0.06               | 120                           | 7.2                |
| Bombillo ahorrador 25 vatios                | 25                 | 0.025              | 120                           | 3                  |
| Bombillo ahorrador 15 vatios                | 15                 | 0.015              | 120                           | 1.8                |
| Bombillo LED                                | 7                  | 0.007              | 120                           | 0.84               |
| Instalación navideña de 100 luces LED       | 9                  | 0.009              | 180                           | 1.62               |
| <b>Electrodomésticos que producen calor</b> |                    |                    |                               |                    |
| Parrilla grande en alto                     | 1.8                | 1.8                | 30                            | 54                 |
| Parrilla pequeña en alto                    | 1.5                | 1.5                | 30                            | 45                 |
| Tina 20 galones                             | 1.5                | 1.5                | 15                            | 22.5               |
| Ducha eléctrica                             | 1.5                | 1.5                | 7                             | 10.5               |
| Parrilla grande en bajo                     | 450                | 0.45               | 30                            | 13.5               |
| Plancha de ropa                             | 1                  | 1                  | 12                            | 12                 |
| Horno estufa                                | 3.3                | 3.3                | 1                             | 3.3                |
| Olla arrocera                               | 600                | 0.6                | 15                            | 9                  |
| Cafetera                                    | 900                | 0.9                | 10                            | 9                  |
| Secador de pelo                             | 1.5                | 1.5                | 4                             | 6                  |
| Plancha para el pelo                        | 1                  | 1                  | 4                             | 4                  |
| Tostadora                                   | 500                | 0.5                | 0.5                           | 0.25               |
| <b>Electrónicos</b>                         |                    |                    |                               |                    |
| Televisor LCD de 20 pulgadas                | 150                | 0.15               | 180                           | 27                 |
| Televisor de 20 pulgadas                    | 75                 | 0.075              | 180                           | 13.5               |
| Horno microondas                            | 1                  | 1                  | 10                            | 10                 |
| Equipo de sonido                            | 150                | 0.15               | 60                            | 9                  |
| Computador de mesa                          | 140                | 0.14               | 60                            | 8.4                |
| Computador portátil                         | 120                | 0.12               | 60                            | 7.2                |
| Videojuegos                                 | 36                 | 0.036              | 120                           | 4.32               |
| Grabadora                                   | 14                 | 0.014              | 180                           | 2.52               |
| Radio                                       | 10                 | 0.01               | 180                           | 1.8                |
| Radio reloj digital                         | 2                  | 0.002              | 720                           | 1.44               |
| DVD   | 30                 | 0.03               | 4                             | 0.12               |
| Cargador con celular conectado              | 12                 | 0.012              | 16                            | 0.192              |
| Cargador sin celular conectado              | 5                  | 0.005              | 16                            | 0.08               |



| Electrodomésticos que funcionan con motor |     |       |     |      |
|---|-----|-------|-----|------|
| Nevera                                    | 180 | 0.18  | 300 | 54   |
| Ventilador                                | 100 | 0.1   | 360 | 36   |
| Lavadora                                  | 750 | 0.75  | 12  | 9    |
| Licuadora                                 | 400 | 0.4   | 15  | 6    |
| Batidora                                  | 200 | 0.2   | 1   | 0.2  |
| Picatodo                                  | 500 | 0.5   | 1   | 0.5  |
| Afeitadora eléctrica                      | 15  | 0.015 | 4   | 0.06 |
| Máquina de coser                          | 100 | 0.1   | 2   | 0.2  |
| Aspiradora                                | 1   | 1     | 2   | 2    |

[https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco de recomendaciones uso i nteligente energia electricamarzo 27.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf)