

**PROTOTIPO SOFTWARE DE APLICACIÓN PARA CONTROL DOMÓTICO  
UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES**

**CARLOS GILBERTO MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**PROTOTIPO SOFTWARE DE APLICACIÓN PARA CONTROL DOMÓTICO  
UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES**

**CARLOS GILBERTO MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero de Sistemas e Informática**

**Director**

**Ph.D. SERGIO FERNANDO CASTILLO CASTELBLANCO**

**Codirector**

**Ing. SERGIO ANTONIO PINO GALLARDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

*A mi madre Gilma Martínez Navarro, porque hace cinco años depositó su confianza en mí y me apoyó incondicionalmente en todos los momentos importantes de esta etapa de mi vida, estando siempre a mi lado a pesar de la distancia que nos separaba. Me educó de una forma admirable, entregando siempre lo mejor de sí, sin esperar nada a cambio.*

*A mi padre Gilberto Martínez Santana, quien desde pequeño me ha impulsado a dar lo mejor de mí, y me ha hecho buscar cada vez más la forma de evitar la frase que él nunca diría: "no lo sé".*

*A mi hermano y a mi hermana, porque al igual que yo han demostrado que la vida es de los soñadores que luchan por hacer de sus sueños realidades.*

*A mi abuela y mi tía, porque me recibieron con los brazos abiertos, siempre oraron por mi bienestar y me ayudaron a ser feliz.*

*A mi novia Laura Isabel Gómez Parra, por recorrer junto a mí este largo camino. Siempre apoyándome, siempre ayudándome, estando ahí para mí. llenaste de amor y cariño mi vida personal y fuiste el mayor de mis soportes en mi vida universitaria.*

*A la familia Gómez Parra, porque abrieron sus corazones permitiendo encontrar en ellos una segunda familia, especialmente a Flor María Parra, quien me guió y orientó por el buen camino de aquella forma que lo hace una madre hacia un hijo.*

*A Sergio Antonio Dino Gallardo, quien fuera mi codirector de proyecto. Por compartir sus conocimientos y destrezas de la mejor manera, generando en mí un crecimiento intelectual. Así mismo, su amistad hizo de esta etapa una experiencia gratificante.*

*A mi gran amigo Jairo Alfonso Silva Franco, porque su alegría fue capaz de convertir duros momentos en agradables experiencias, y me siento satisfecho de haber podido ayudarlo a crecer como profesional, mientras él me ayudaba a crecer como persona.*

*A mi amigo Hugo Armando Gualdrón Polmenares, quien enseña a todo el que le rodea que a los malabares de la vida se les puede sonreír. Su distribución del tiempo y su experiencia son un ejemplo a seguir.*

*A mis amigos, quienes fueron testigos del proceso, compartieron sus buenos deseos y celebraron mis triunfos.*

*Carlos Gilberto Martínez Martínez*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Objetivos del proyecto</b>	<b>3</b>
1.1.1. Objetivo General	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
<b>1.2. Descripción del problema</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Justificación</b>	<b>5</b>
1.3.1. Impacto	7
1.3.2. Viabilidad	7
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Antecedentes históricos</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Domótica</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Telefonía Móvil</b>	<b>13</b>
2.3.1. Generaciones de la telefonía celular	13
2.3.2. Telefonía móvil en Colombia	14
2.3.2.1. Número de abonados activos en Colombia	14
2.3.2.2. Uso de servicios móviles en Colombia categorizado por edades	15
2.3.2.3. Número de celulares en los hogares colombianos	16
2.3.2.4. Tarifas de servicios móviles en Colombia	17
<b>2.4. Redes Inalámbricas</b>	<b>18</b>
2.4.1. Wireless Personal Area Network	18
2.4.2. Wireless Local Area Network	19
2.4.3. Wireless Metropolitan Area Network	19
2.4.4. Wireless Wide Area Network	19
<b>2.5. Servicio de mensajes cortos (SMS)</b>	<b>20</b>
<b>2.6. Tecnología Bluetooth</b>	<b>21</b>
2.6.1. Pila de protocolos Bluetooth	22
2.6.2. Perfiles Bluetooth	22

<b>2.7. Tecnologías y herramientas utilizadas en el proyecto</b>	<b>23</b>
2.7.1. MySQL	23
2.7.2. Java	24
2.7.3. Java Standard Edition (JSE)	24
2.7.4. Java Enterprise Edition (JEE)	24
2.7.4.1. Java Servlet Technology	25
2.7.4.2. Java Server Pages	25
2.7.5. Java Micro Edition	26
2.7.6. JavaFX Platform	26
2.7.7. Lightweight User Interface Toolkit (LWUIT)	26
2.7.8. Record Management System (RMS)	29
2.7.9. Servidor de aplicaciones Glassfish	29
2.7.10. Modelo Cliente-Servidor	29
2.7.11. Java Specification Requests (JSRs)	30
2.7.11.1.1. Bluecove	30
2.7.12. Apache Struts	31
2.7.13. Hibernate	31
2.7.14. JFXtras	31
2.7.15. Autodesk Homestyler	32
<b>3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO</b>	<b>33</b>
<b>4. PROTOTIPO SOFTWARE PARA CONTROL DOMÓTICO - DOMOLUTION</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Arquitectura distribuida del sistema Domolution</b>	<b>37</b>
<b>4.2. Sistema de ficheros - Domolution Filesystem</b>	<b>41</b>
4.2.1. Codificación de categorías	42
<b>4.3. Subsistemas del sistema Domolution</b>	<b>48</b>
4.3.1. DomolutionDB	48
4.3.1.1. Modelo semántico	48
4.3.1.2. Modelo Entidad-Relación (ER)	50
4.3.1.3. Capacidad de bloqueo de un dispositivo	52
4.3.2. Núcleo de control – Control Core	53
4.3.3. Domolution Web	54
4.3.4. Domolution Mobile	55
4.3.5. Mobile Link	57
4.3.5.1. Petición de bloqueo	59

4.3.5.2.	Petición de activación-----	60
4.3.5.3.	Ejecución de la petición de activación-----	61
4.3.5.4.	Problema de la Firma Digital-----	62
4.3.6.	Execution Core-----	63
<b>4.4.</b>	<b>Verificación de tercero-----</b>	<b>65</b>
<b>4.5.</b>	<b>Protocolo de comunicaciones-----</b>	<b>66</b>
<b>4.6.</b>	<b>Comunicaciones entre los subsistemas-----</b>	<b>70</b>
<b>4.7.</b>	<b>Interfaces gráficas de los subsistemas-----</b>	<b>71</b>
4.7.1.	Domolution Web GUI-----	71
4.7.1.1.	Inicio de sesión-----	71
4.7.1.2.	Selección de casas-----	72
4.7.1.3.	Panel de pestañas-----	75
4.7.1.3.1.	<b>Pestaña Categorías y dispositivos-----</b>	<b>75</b>
4.7.1.3.2.	<b>Pestaña Usuarios-----</b>	<b>81</b>
4.7.1.3.3.	<b>Pestaña Historial-----</b>	<b>83</b>
4.7.2.	Domolution Mobile GUI-----	84
4.7.2.1.	Inicio de sesión-----	84
4.7.2.2.	Listado de casas-----	85
4.7.2.3.	Primera capa-----	86
4.7.2.4.	Segunda capa-----	87
4.7.2.5.	Tercera capa-----	89
4.7.2.6.	Dispositivos de una categoría de la tercera capa-----	89
4.7.2.7.	Modificación de estado de un dispositivo-----	91
4.7.3.	Mobile Link GUI-----	93
4.7.4.	Execution Core-----	94
<b>4.8.</b>	<b>Pruebas realizadas al prototipo software Domolution-----</b>	<b>101</b>
4.8.1.	Pruebas durante el desarrollo-----	101
4.8.2.	Pruebas de usabilidad-----	101
4.8.3.	Pruebas funcionales-----	102
4.8.4.	Pruebas de portabilidad-----	102
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>103</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES-----</b>	<b>107</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS-----</b>	<b>110</b>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 2-1: Número de abonados activos en Colombia.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2-2: Tarifas Mensajes de Texto, Multimedia e Internet Móvil.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4-1: Codificando una categoría en la capa 0.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4-2: Codificando una categoría en la capa 1.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 4-3: Codificando una categoría en la capa 2.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 4-4: Códigos de acción.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 4-5: Mensajes de respuesta.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 4-6: Peticiones y respuestas transmitidas entre subsistemas.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 4-7: Tipos de columnas del archivo de registro de dispositivos.....</i>	<i>95</i>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2-1. Arquitecturas de red</i>	13
<i>Figura 2-2: Incremento del número de abonados activos en Colombia</i>	15
<i>Figura 2-3: Uso de servicios móviles por edades en Colombia</i>	16
<i>Figura 2-4: Número de celulares en los hogares colombianos</i>	17
<i>Figura 2-5: Tecnologías WWAN</i>	20
<i>Figura 2-6: Interfaz de usuario LCDUI en dispositivos de diferentes fabricantes</i>	27
<i>Figura 2-7: Interfaz de usuario LWUIT en diferentes dispositivos</i>	28
<i>Figura 3-1: Menú Refactor de NetBeans IDE</i>	36
<i>Figura 4-1: Arquitectura distribuida del sistema Domolution</i>	38
<i>Figura 4-2: Estructura del código de categoría</i>	43
<i>Figura 4-3: Organización de categorías y dispositivos por capas</i>	47
<i>Figura 4-4: Modelo ER, DomolutionDB</i>	51
<i>Figura 4-5: Esquema de petición/respuesta de Control Core</i>	54
<i>Figura 4-6: Interacción de Mobile Link con otros subsistemas</i>	58
<i>Figura 4-7: Ejecución de peticiones por parte de Mobile Link</i>	59
<i>Figura 4-8: Estructura de los mensajes de petición</i>	67
<i>Figura 4-9: Estructura de los mensajes de respuesta</i>	68
<i>Figura 4-10: Formulario de inicio de sesión</i>	72
<i>Figura 4-11: Panel de selección/creación de casas</i>	73
<i>Figura 4-12: Creación de una casa</i>	74
<i>Figura 4-13: Casas existentes</i>	75
<i>Figura 4-14: Panel de categorías y dispositivos</i>	76
<i>Figura 4-15: Categorías capa cero</i>	77
<i>Figura 4-16: Categorías y dispositivos capa uno</i>	78
<i>Figura 4-17: Edición de un dispositivo</i>	79
<i>Figura 4-18: Categorías y dispositivos capa dos</i>	80
<i>Figura 4-19: Dispositivos de capa dos</i>	81
<i>Figura 4-20: Agregar un usuario</i>	82
<i>Figura 4-21: Usuarios</i>	83
<i>Figura 4-22: Historial de eventos</i>	84
<i>Figura 4-23: Inicio de sesión Domolution Mobile</i>	85
<i>Figura 4-24: Casas disponibles y propiedades de una casa</i>	86
<i>Figura 4-25: Listado de categorías de la capa cero</i>	87

<i>Figura 4-26: Listado de subcategorías y dispositivos capa uno</i>	88
<i>Figura 4-27: Listado de subcategorías y dispositivos capa dos</i>	89
<i>Figura 4-28: Dispositivos de una categoría de la capa dos</i>	90
<i>Figura 4-29: Modificación de estado fallida e información de dispositivo</i>	91
<i>Figura 4-30: Dialogo de cambio de estado de activación y bloqueo</i>	92
<i>Figura 4-31: Solicitud de cambio de estado de activación de dispositivo</i>	93
<i>Figura 4-32: Interfaz de Mobile Link</i>	94
<i>Figura 4-33: Primera casa simulada</i>	97
<i>Figura 4-34: Primera casa simulada luego de algunas acciones ejecutadas</i>	98
<i>Figura 4-35: Segunda casa simulada, dispositivos colocados aleatoriamente</i>	99
<i>Figura 4-36: Segunda casa simulada, dispositivos organizados</i>	100

## LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo A. DIAGRAMA DE CASOS DE USO.....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo B. DIAGRAMAS DE CLASES.....</i>	<i>137</i>
<i>Anexo C. DIAGRAMA DE SECUENCIAS .....</i>	<i>146</i>

## RESUMEN

**Título:** PROTOTIPO SOFTWARE DE APLICACIÓN PARA CONTROL DOMÓTICO UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES\*

**Autor:** Carlos Gilberto Martínez Martínez\*\*

**Palabras Claves:** Domótica, Casas inteligentes, Dispositivos móviles, Java, mensajes HTTP, mensajes SMS, mensajes Bluetooth.

### **Descripción:**

La aplicación desarrollada en este trabajo de grado presenta un prototipo software domótico para el control de dispositivos de una casa a larga distancia. Este prototipo basa su funcionamiento en una arquitectura distribuida de transmisión de datos, la cual consta de diversas aplicaciones alojadas en diferentes dispositivos físicos que se encuentran separados geográficamente.

El prototipo software, titulado Domolution, consta de dos aplicaciones desarrolladas en la plataforma Java Micro Edition; una de estas aplicaciones reside en los dispositivos móviles de los usuarios que están asociados a una determinada casa domótica y la otra reside en un dispositivo móvil de permanencia en dicha casa.

Consta también de dos servicios web, desarrollados en la plataforma Java Enterprise Edition, alojados en un servidor web. Uno brinda herramientas de soporte de notificación de dispositivos controlables a la aplicación móvil de usuario, y servicio de verificación de peticiones a la aplicación móvil de la casa. El otro servicio web brinda herramientas de administración de usuarios y dispositivos, así como la organización de los dispositivos en una estructura de categorías jerárquica multicapa. Estos servicios web tienen acceso directo a la base de datos del sistema alojada en el mismo servidor.

Para poder presentar visualmente el control de dispositivo, Domolution consta de una casa simulada, desarrollada en la plataforma JavaFX, la cual contiene dispositivos controlables simulados que cambian de estado cuando un usuario genera una petición desde su aplicación móvil.

Las comunicaciones entre las aplicaciones se realizan utilizando mensajes HTTP, mensajes SMS y mensajes Bluetooth según se requiera, utilizando para ello distintos tipos de redes inalámbricas. Esto se describe ampliamente en las memorias del trabajo de grado.

Para que las aplicaciones pudieran entenderse entre sí, se desarrolló un protocolo de comunicaciones basado en códigos cortos, el cual permite manejar una estructura consistente en los diferentes mensajes transmitidos.

---

\* Trabajo de investigación.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Sergio Fernando Castillo Castelblanco. Codirector: Sergio Antonio Pino Gallardo.

## ABSTRACT

**Title:** SOFTWARE PROTOTYPE FOR THE DOMOTIC CONTROL USING MOBILE DEVICES<sup>\*</sup>

**Author:** Carlos Gilberto Martínez Martínez<sup>\*\*</sup>

**Keywords:** Domotic, Smart Homes, Mobile Devices, Java, HTTP messages, SMS messages, Bluetooth messages.

### **Description:**

The application developed in this research work presents a domotic software prototype for remote device controlling. The prototype bases its operations on a distributed architecture for data transmission, which consists of various applications hosted on different physical devices that are geographically separated.

The software prototype, called Domolution, consists of two applications developed in the Java Micro Edition platform; one of these applications resides on the house-associated users' mobile devices and the other one resides on a mobile device that permanently stays in the house.

The prototype also consists of two web services, developed in the Java Enterprise Edition platform, hosted on a web server. One of them provides supporting tools for the notification of controllable devices to the user's mobile application, and requests verification service for the mobile application that resides in the house. The other web service provides a set of tools for managing users and devices, as well as organization of devices in a multi-hierarchical category structure.

In order to visually present the device controlling outcome, Domolution provides a simulated house, developed in the JavaFX platform, which contains a set of controllable simulated devices that change its states when a user generates a control request using his or her mobile application.

Communications between applications are done by using HTTP messages, SMS messages and Bluetooth messages according to the required transmission, using different types of wireless networks. This is described extensively in the research work's document.

In order for the applications to understand each other, a short-code based communication protocol was developed. This protocol allows the use of a consistent structure for the construction of the messages that are to be transmitted among the different applications.

---

\* Research Work.

\*\* Faculty of Physico-Mechanical Engineering. School of Engineering and Computer Science. Director: Sergio Fernando Castillo Castelblanco. Codirector: Sergio Antonio Pino Gallardo.

## INTRODUCCIÓN

*“Las guerras del futuro girarán en torno al agua”*. Una frase que cada año parece menos idealista.

Al paso en que son transformados y consumidos los recursos naturales, entre ellos el agua como generadora de energía, se visiona un futuro incierto para este planeta... incierto desde la perspectiva optimista del que no se atreve a afrontar la realidad.

Países como Japón y España empiezan a hacer frente a la realidad, y entre sus aportes apuntan a la masificación de los sistemas Domóticos.

Los sistemas Domóticos, en su definición más básica, contribuyen con el ahorro energético de las casas donde se implementen, lo cual ya trae beneficios a corto y largo plazo. Pero un sistema Domótico va más allá; permite tomar decisiones sobre el entorno del hogar, brindando confort y mejorando la calidad de vida de sus usuarios.

Los avances tecnológicos abren paso a nuevas formas de interacción. Capacidad de comunicación a grandes distancias, sumado a los avances de los dispositivos móviles amplían las opciones de control de espacios Domóticos.

El trabajo resumido en este libro basa sus esfuerzos en el deseo de apropiarse e incorporar conocimiento en tecnologías domóticas al país, de modo que sirva de aporte al avance tecnológico y genere una reflexión que motive a Colombia a unirse a la causa de preservar el medio ambiente.

Este documento presenta el desarrollo de un prototipo de un sistema domótico con arquitectura distribuida, que permite al usuario la manipulación de dispositivos

electrónicos controlables presentes en una casa, utilizando como panel de acceso su dispositivo móvil de bolsillo.

Se describe la forma en que la arquitectura propuesta es implementada por un sistema distribuido desarrollado en su totalidad utilizando diversas tecnologías Java. Además, se describe también la adaptación de un sistema de archivos utilizado para organizar jerárquicamente los dispositivos electrónicos controlables; y un protocolo de mensajes, que brinda un conjunto de estándares que controlan la estructura de los mensajes transmitidos entre las partes del sistema.

Se espera que este prototipo sirva de base y motivación a generaciones de un futuro próximo, en el desarrollo de sistemas domóticos con sello colombiano, que impacten en avance tecnológico y den una puntada más a la brecha tecnológica de este sector del mundo.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. Objetivos del proyecto**

#### **1.1.1. Objetivo General**

Desarrollar un prototipo software distribuido con el fin de presentar una solución domótica que permita administrar remotamente el estado de dispositivos electrónicos presentes en el hogar.

#### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Analizar, diseñar e implementar una aplicación para dispositivos móviles en Java Micro Edition que permita al usuario administrar remotamente el estado de los dispositivos electrónicos presentes en el sistema domótico.
- Analizar, diseñar e implementar un software de control que gestione los datos del sistema domótico, permitiendo actualizar el estado de los dispositivos electrónicos, y además gestión, autenticación y autorización de usuarios, así como asignar privilegios a los mismos.
- Desarrollar un aplicativo software que simule un entorno provisto de dispositivos electrónicos controlables por los usuarios del sistema que tengan permisos sobre dicho entorno.
- Analizar, diseñar e implementar una aplicación para dispositivos móviles en Java Micro Edition que permita la comunicación entre el dispositivo móvil y

el entorno simulado, al tiempo que se comunica con el software de control para validar si la operación deseada puede ser realizada.

## **1.2. Descripción del problema**

Síntomas:

- El consumo de recursos energéticos de forma poco controlada es una realidad que está afectando el planeta entero.
- Limitaciones a la hora de controlar dispositivos a grandes distancias.
- Tareas cotidianas y repetitivas del hogar pueden tomar una moderada cantidad de tiempo que, sumadas en total, pueden llegar a afectar el tiempo destinado a la interacción del núcleo familiar.
- La tecnología disponible en el mercado es costosa, por lo tanto muchas personas no tienen acceso a este tipo de soluciones tecnológicas.

Causas:

- Se carece de una visión clara de los beneficios que puede traer las nuevas tecnologías a los hogares y cómo muchas necesidades cotidianas se pueden satisfacer.
- Los sistemas de control Domótico empiezan a masificarse, y ofrecen servicios básicos que solo se pueden manejar desde un perímetro pequeño.

Problema:

Este problema nace de la necesidad del hombre de interactuar de forma más eficiente con su entorno en el hogar, ya que dicha interacción genera dificultades tales como:

- Pérdidas de tiempo y esfuerzo en desplazamiento.
- Imposibilidad de comunicación en forma remota y controlada con el entorno del hogar.
- Dificultades en la solución de problemas relacionados con el ahorro de energía y fallas de un dispositivo instalado en el hogar.
- Dificultad para resolver problemas en forma inmediata desde otro lugar distinto al sitio de origen del suceso.
- No hay monitoreo en forma global y centralizada de los dispositivos y sistemas existentes en el hogar.

### **1.3. Justificación**

La Domótica se ha convertido en una necesidad actual y vital. La evolución tecnológica de la electrónica e informática, ha inundado nuestro entorno con dispositivos electrónicos tanto en oficinas como en viviendas particulares. La Domótica trata de aplicar la tecnología de la automatización y el control al hogar. Un mercado emergente de infinitas posibilidades enfocado a mejorar la calidad de vida aumentando la comodidad, la seguridad y el confort, consiguiendo al mismo tiempo un considerable ahorro del consumo energético.

Actualmente se vivencia un alto consumo energético a nivel mundial, con tendencias crecientes para los años venideros. Países como Japón y España, por dar algunos ejemplos, buscan formas de desacelerar el consumo energético.

Según los datos que aparecen en *Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable* [1], publicada por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE) en el 2007 [2], al ritmo actual de consumo energético a nivel mundial, sólo se necesitarán unos 35 años para duplicar el consumo de energía y menos de 55 años para triplicarlo.

El consumo de las familias españolas supone 30% de la energía consumida en el país, de la cual el 18% corresponde a consumo doméstico, y no está de más añadir que España importa el 75% de la energía primaria que consume. [1]

Un hogar con un sistema domótico implementado puede llegar a ahorrar hasta un 80% en iluminación, 25% en aire acondicionado y 20% en pequeños electrodomésticos.

Un sistema domótico puede servir de soporte para personas de la tercera edad; población que se caracteriza por dificultades de desplazamiento y de requerir gran atención, aspecto en común con bebés y niños pequeños. Un sistema domótico permite a este tipo de personas interactuar con su medio en mayor grado, lo que mejora su calidad de vida, y facilita el monitoreo.

Los sistemas domóticos están dotados de diversos dispositivos de seguridad con el fin de proteger bienes patrimoniales y seguridad personal. Implementaciones comunes son simulación de presencia, alarmas de detección de incendio, fuga de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes, alerta médica, cámaras IP.

En Colombia los sistemas domóticos están surgiendo a paso lento, y es buen ejercicio dirigir la mirada hacia aquellos países que están obteniendo beneficios con la implementación de estos sistemas.

### **1.3.1. Impacto**

El consumo energético siempre creciente y la limitación de recursos energéticos generan efectos negativos en el ambiente que se ven reflejados en dos aspectos:

Económico: los precios de la energía tienden al alza, lo que hace necesario el control del consumo energético.

Ecológico: el ahorro de energía disminuye el impacto negativo sobre el medio ambiente.

La domótica gestiona elementos de control que permiten al usuario contribuir con el ahorro de agua, electricidad y combustibles, notando sus efectos en el factor económico como ecológico.

Este prototipo puede brindar bases para la construcción de sistemas domóticos e inmóticos en Colombia, ampliando el mercado de estos sistemas permitiendo que el país empiece a ahorrar recursos como sus homólogos de Reino Unido, Estados Unidos y Asia, por nombrar algunos.

Colombia tiene muchos campos de aplicación para sistemas domóticos e inmóticos. Sistemas inmóticos implementados en hospitales, por ejemplo, pueden brindar monitoreo a los pacientes para una respuesta rápida ante algún acontecimiento, así mismo como permitiría regular la iluminación y aire acondicionado para evitar usos innecesarios.

### **1.3.2. Viabilidad**

El ahorro de recursos de todo tipo que brindan los sistemas domóticos e inmóticos son un hecho y el avance en la tecnología que disminuye costos de adquisición de productos tecnológicos hacen que un creciente mercado se sienta atraído a este tipo de sistemas.

El mercado actual de sistemas domóticos ha dejado de orientarse hacia un nicho de familias prestantes para mutar a una forma de ahorro importante de impacto global, lo que ha llamado la atención de los gobiernos mundiales. Tal es el caso del gobierno de Navarra, que comunicó, a mediados de Junio de 2009, que mediante **el plan anticrisis del gobierno de Navarra** concederá a los promotores de viviendas de nueva construcción ayudas por la introducción de instalaciones de domótica que cubran el 40% del presupuesto y hasta un máximo de 1500 euros por vivienda. [3]

Esto es un ejemplo de lo viable que puede llegar a ser estos sistemas.

Viabilidad económica:

El proyecto será realizado con herramientas libres, para lo cual los costos están conformados por el uso final de mensajes de texto y conexión a internet.

En este aspecto, las distintas empresas de telefonía celular brindan planes de datos limitados e ilimitados a precios accesibles para planes tarifarios prepago y postpago.

Las aplicaciones de usuario creadas en este proyecto pueden ser ejecutadas en una amplia gama de dispositivos móviles, pudiendo ser un equipo económico el centro de mandos ideal para muchos, y equipos de gama más alta para los más exigentes.

Esta flexibilidad de equipos hace viable la utilización del sistema.

Viabilidad Técnica:

Los recursos necesarios para la elaboración del proyecto consisten de computadores presentes en la universidad, así como el computador del autor y acceso a internet. Para las pruebas pertinentes se usarán emuladores de libre distribución y equipos móviles que se adquirirán próximamente en la rama de dispositivos móviles del Grupo de Investigación en Informática Biomédica (GIIB).

#### Viabilidad Social:

Los beneficios que adquiere la sociedad con un sistema domótico o inmótico son enormes.

Campañas informativas y educativas pueden orientar a la sociedad hacia una nueva forma de economizar recursos y mejorar su calidad de vida, con lo cual se hacen más atractivos este tipo de sistemas inteligentes.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes históricos**

Controlar y establecer secuencialmente los procesos productivos fue el resultado de los inicios del automatismo durante el siglo XIX con el desarrollo industrial. Sistemas automáticos han venido siendo estudiados y perfeccionados desde entonces, hasta el punto en la las empresas basan un gran porcentaje de sus fases de producción en tareas automatizadas.

En 1977, Estados Unidos y Japón son pioneros en llevar la idea de automatización a edificios y hogares bajo la influencia de factores tecnológicos y económicos. Se considera prioritario disminuir el gasto energético debido a su impacto en el factor económico.

Con la llegada de las tecnologías en comunicaciones y la aparición de los conmutadores telefónicos multiservicio se lograron los primeros avances en el área de los edificios inteligentes cuando en 1984, Estados Unidos emprende el proyecto “Smart House”, dirigido por NAHB (*“National Asociation of Home Builders”*), lo cual sería la primera aproximación a lo hoy llamado Domótica.

La automatización del hogar es muy reciente y su forma de control inicialmente se hacía por medio de redes eléctricas. Pero es más reciente cuando se pretende controlar de forma remota a través de dispositivos inalámbricos. El uso de la tecnología inalámbrica hace que aumente su escalabilidad y facilidad de uso, sin tener que superar obstáculos de tipo burocrático para la creación de cableado físico y su posterior configuración a los equipos de computación. Como principal forma de control que se tiene hasta el momento se presentan los mensajes de

texto, comúnmente llamados SMS. Esta idea surgió con el desarrollo de las redes GSM, aproximadamente sobre 1985, el primer mensaje SMS se envió el 3 de diciembre de 1992, pero se vio su crecimiento por el año de 1998 cuando se generalizó bastante el uso de centros de servicios (SMSC) diferentes al que venía pre-configurado por el operador, lo que permitía el envío gratuito de mensajes.

Aún se están realizando investigaciones que tienen como principal foco de análisis estas tecnologías. Se espera que esta información deje de ser escasa y se convierta en información relevante que lleve a mejores resultados tecnológicos de los que hay hasta ahora. [4]

## **2.2. Domótica**

La palabra Domótica está conformada por la unión de la palabra “*Domo*” que etimológicamente proviene del latín “*Domus*” que significa casa y el sufijo “*tica*” que se adapta de la palabra automática.

Se puede definir como “el conjunto de servicios proveídos por sistemas tecnológicos los cuales son integrados para satisfacer las necesidades básicas del hombre y su entorno cercano en términos de seguridad, comunicación, control de electricidad y confort”.

Se refiere a la automatización y control (encendido / apagado, apertura / cierre y regulación) de aparatos y sistemas de instalaciones eléctricas y electrotécnicos (iluminación, climatización, persianas y toldos, puertas y ventanas motorizados, el riego, etc.) de forma centralizada y/o remota. [4]

La amplitud de una solución de domótica puede variar desde un único dispositivo, que realiza una sola acción, hasta amplios sistemas que controlan prácticamente todas las instalaciones dentro de la vivienda.

Los distintos dispositivos de los sistemas de domótica se pueden clasificar en: controladores, actuadores, sensores, buses de transmisión e interfaces. Ver referencias [5], [6] y [7].

Los sistemas de domótica actúan sobre, e interactúan con, los aparatos y sistemas eléctricos de la vivienda según:

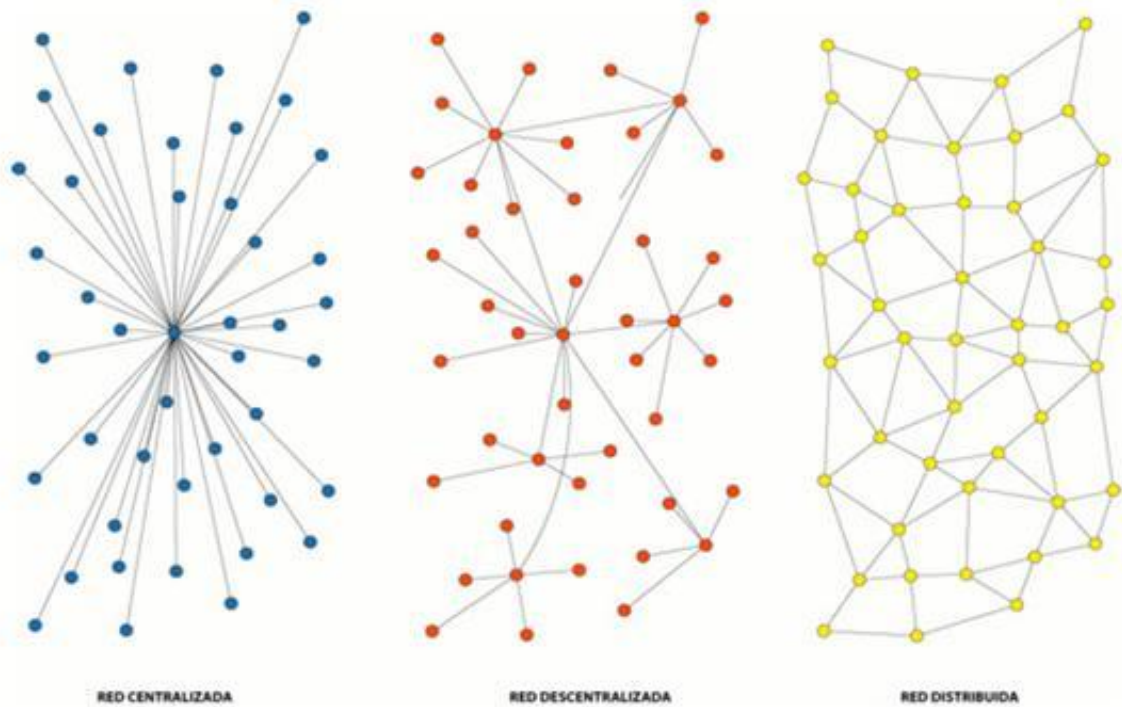
- El programa y su configuración
- La información recogida por los sensores del sistema
- La información proporcionada por otros sistemas interconectados
- La interacción directa por parte de los usuarios

El medio de transmisión de la información, interconexión y control, entre los distintos dispositivos de sistemas domóticos puede ser de varios tipos. Los principales medios de transmisión son: cableado propio, cableado compartido (redes existentes como la eléctrica) o inalámbrica.

Los protocolos de comunicación son los procedimientos utilizados por los sistemas de domótica para la comunicación entre todos los dispositivos con la capacidad de “controlador”. Existe una gran variedad de protocolos, algunos específicamente desarrollados para la domótica y otros protocolos con su origen en otros sectores, pero adaptados para los sistemas de domótica. Los protocolos pueden ser del tipo estándar abierto (uso libre para todos), estándar bajo licencia (abierto para todos bajo licencia) o propietario (uso exclusivo del fabricante o los fabricantes propietarios). Entre estos podemos mencionar algunos como Ethernet, Konnex, Lonworks, X-10, Firewire, WiFi, entre otros. [8]

Desde el punto de vista de donde reside la inteligencia del sistema domótico, hay varias arquitecturas diferentes como son: arquitectura centralizada, descentralizada, distribuida y mixta.

La figura 2-1 ilustra algunas arquitecturas de red.



**Figura 2-1.** Arquitecturas de red

**Fuente:** Indianopedia, Topologías de red

[http://lasindias.net/wiki/index.php?title=Topologías\\_de\\_red](http://lasindias.net/wiki/index.php?title=Topologías_de_red)

### 2.3. Telefonía Móvil

La telefonía móvil ha sido un salto enorme en la evolución de las comunicaciones, y ha servido como motor de evolución de otras tecnologías ya que facilita el contacto entre personas alrededor del mundo.

#### 2.3.1. Generaciones de la telefonía celular

Durante varios años, la telefonía móvil sufre un importante desarrollo, destacado en generaciones como son la generación 1G [17], 2G [17], 3G [9] y 4G [9].

### 2.3.2. Telefonía móvil en Colombia

Basta con salir a la calle para darse cuenta del creciente número de usuarios de teléfonos móviles en Colombia, y no solo para llamadas, sino para interactuar de distintas maneras como utilización de redes sociales, conferencias, mensajería, multimedia, juegos, todo desde sus teléfonos celulares.

#### 2.3.2.1. Número de abonados activos en Colombia

En Colombia, existen dos operadores de Telefonía Móvil Celular: COMCEL y TELEFÓNICA MÓVILES (Movistar). Igualmente existe un operador de Servicios Personales de Comunicación PCS: COLOMBIA MÓVIL (Tigo) [10]. La tabla 2-1 muestra el número de abonados<sup>1</sup> activos desde finales del año 2003 a primer trimestre del año 2010. La figura 2-2 muestra los datos de esta tabla.

Los datos de los años 2003 a 2008 fue extraída del documento citado en la referencia [11], y los datos de 2009 y 2010 extraídos de la referencia [12].

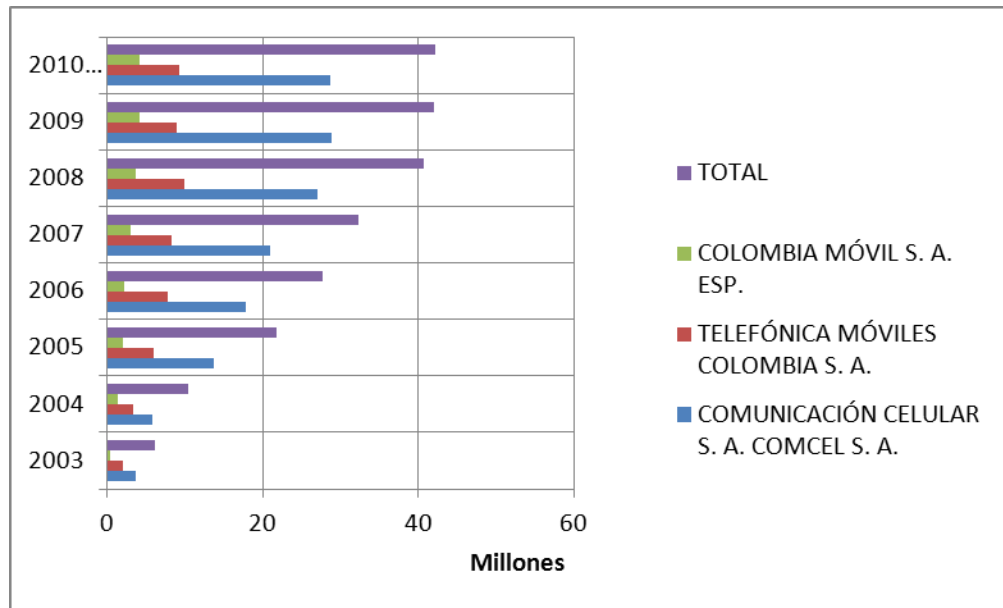
OPERADOR	2003	2004	2005	2006
COMUNICACIÓN CELULAR S. A. COMCEL S. A.	3.674.414	5.813.982	13.774.657	17.800.554
TELEFÓNICA MÓVILES COLOMBIA S. A.	2.082.158	3.296.932	6.032.980	7.759.670
COLOMBIA MÓVIL S. A. ESP.	429.634	1.326.056	2.042.356	2.150.828
<b>TOTAL</b>	<b>6.186.206</b>	<b>10.436.970</b>	<b>21.849.993</b>	<b>27.711.052</b>

<sup>1</sup> Usuarios de telefonía móvil con líneas activas

OPERADOR	2007	2008	2009	2010 Primer trimestre
COMUNICACIÓN CELULAR S. A. COMCEL S. A.	20.914.278	27.024.134	28.870.568	28.682.044
TELFÓNICA MÓVILES COLOMBIA S. A.	8.372.060	9.963.095	8.964.575	9.287.451
COLOMBIA MÓVIL S. A. ESP.	3.008.968	3.752.647	4.190.359	4.257.651
<b>TOTAL</b>	<b>32.295.306</b>	<b>40.739.876</b>	<b>42.025.520</b>	<b>42.227.146</b>

**Tabla 2-1: Número de abonados activos en Colombia**

Fuente: Autor, basado en información de la superintendencia de Industria y Comercio

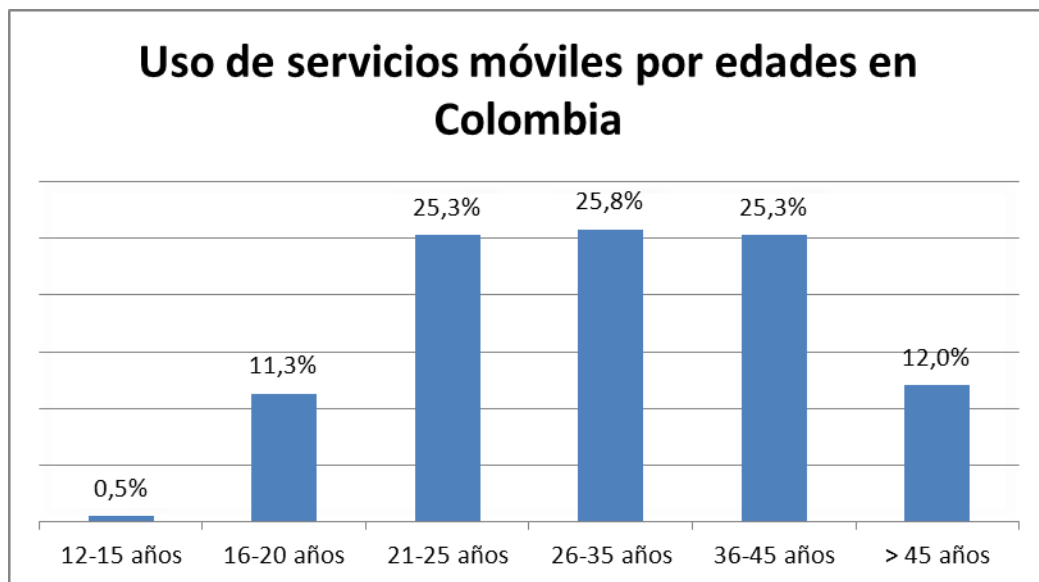


**Figura 2-2: Incremento del número de abonados activos en Colombia**

Fuente: Autor, basado en información de la superintendencia de Industria y Comercio

### 2.3.2.2. Uso de servicios móviles en Colombia categorizado por edades

El uso de servicios móviles por edades, según una encuesta elaborada por CINTEL a nivel nacional en Diciembre de 2005, 400 entrevistas con un nivel de confianza del 95%, revela que el 76% de los Colombianos entre 21 y 45 años utilizan servicios móviles. [13]

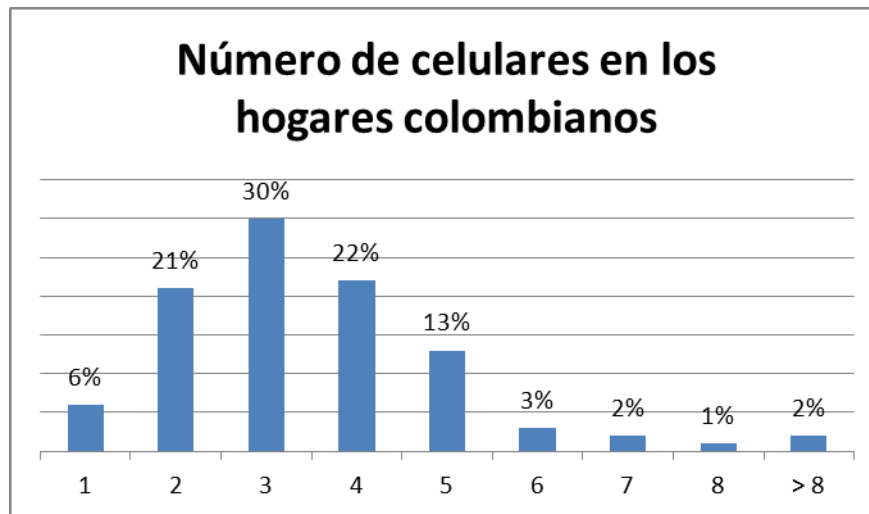


**Figura 2-3: Uso de servicios móviles por edades en Colombia**

Fuente: Autor, basado en “Servicios móviles en Colombia: un panorama de nuevas oportunidades para democratizar el acceso a la información de los ciudadanos”

### **2.3.2.3. Número de celulares en los hogares colombianos**

Una encuesta similar elaborada por CINTEL a nivel nacional en Diciembre de 2005, 400 entrevistas con un nivel de confianza del 95%, muestra el número de celulares en los hogares colombianos. El 94% de los hogares colombianos tienen más de un equipo celular. [13]



**Figura 2-4: Número de celulares en los hogares colombianos**

Fuente: Autor, basado en “Servicios móviles en Colombia: un panorama de nuevas oportunidades para democratizar el acceso a la información de los ciudadanos”

Estas cifras muestran la adaptación de la tecnología móvil en Colombia, lo cual es favorable para aplicaciones móviles, como la desarrollada en este trabajo de grado por ejemplo.

#### 2.3.2.4. Tarifas de servicios móviles en Colombia

La siguiente tabla muestra el precio de los servicios móviles ofrecidos por los distintos operadores celulares en Colombia a Enero 8 de 2010. [14]

<b>Mensajes de Texto, Multimedia e Internet Móvil, IVA incluido</b>				
	Desde Comcel:	Desde Movistar:	Desde Tigo:	
<b>SMS Misma Red</b>	\$80	\$92	\$80	
<b>SMS Otros operadores</b>	\$339	\$199	\$129	
<b>SMS a Fijos</b>	NO DISPONIBLE	\$ 299	\$240	
<b>Internacionales</b>	\$339	\$229	\$ 29	

<b>SMS a Correos Electrónicos</b>	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	\$240	
<b>Desde Internet a Móviles</b>	\$376	\$290	\$59	
<b>Mensajes Multimedia</b>	\$1.212	\$580	\$300	
<b>Internet GPRS Demanda</b>	<b>Móvil Por</b>	\$18 por Kb	\$14 por Kb	\$12 por Kb
<b>Suscripciones Internet 3.5G</b>	<b>Móvil</b>	NO DISPONIBLE	Día \$3.900, Semana \$19.900, Mes \$65.000	Hora \$999, Día \$3.700, Semana \$19.800, Mes \$59.900

**Tabla 2-2: Tarifas Mensajes de Texto, Multimedia e Internet Móvil**

Fuente: Autor, basado en “Comunidad Ola | Tigo”

Estas tarifas están basadas en planes prepago de cada operador. Adquiriendo un plan postpago, o planes especiales de datos y mensajería SMS, los precios pueden ser considerablemente menores.

## 2.4. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas es un tipo de conexión de nodos sin necesidad de una conexión física, ya que se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y recepción se realiza por medio de puertos.

### 2.4.1. Wireless Personal Area Network

Las redes WPAN (Wireless Personal Area Network), como Bluetooth, son redes inalámbricas de corto alcance (cerca de 10 metros) con baja tasa de transferencia de datos. [15]

#### **2.4.2. Wireless Local Area Network**

Las redes WLAN (Wireless Local Area Network), como Wi-Fi, tienen un alcance de alrededor de 200 metros, pero su alcance puede llegar a los 1000 metros si se utilizan repetidores. Son utilizadas en oficinas, universidades y hospitales gracias a su gran movilidad. [15]

#### **2.4.3. Wireless Metropolitan Area Network**

Las redes (Wireless Metropolitan Area Network), como WiMAX, tienen un alcance entre 4 a 10 Km. Son parecidas a las redes WLAN pero con más cobertura y ancho de banda. [15]

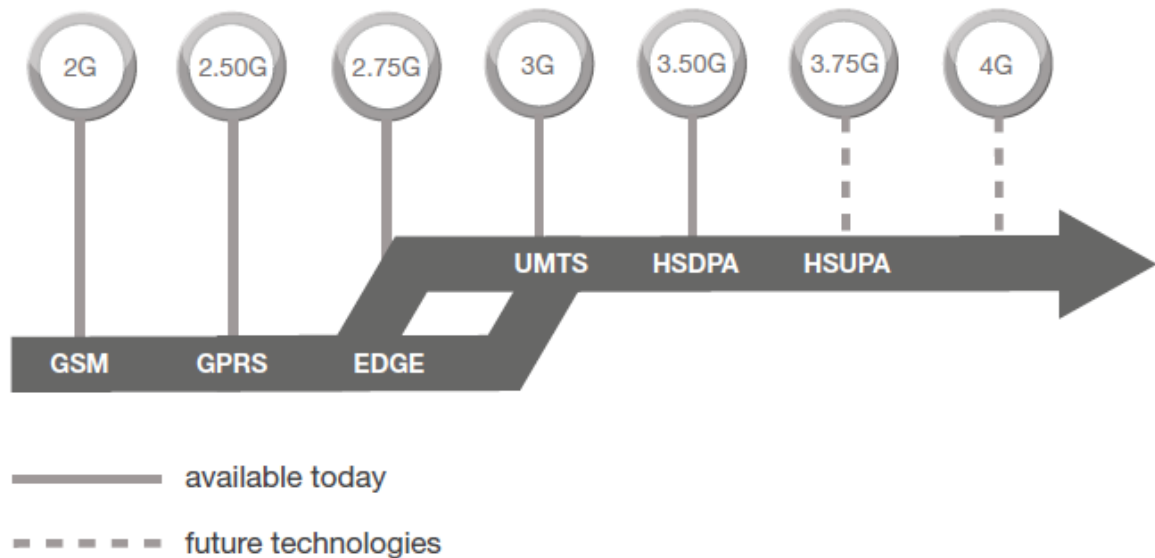
#### **2.4.4. Wireless Wide Area Network**

Las redes WWAN (Wireless Wide Area Network) aprovechan la infraestructura de red de los teléfonos móviles para proporcionar roaming de conexión de red inalámbrica.

La conectividad de las redes WWAN es muy superior a las otras redes en cuanto el usuario puede moverse por distintas zonas e incluso cambiar de un punto de acceso a otro sin interrupciones en la conexión.

Entre las tecnologías que ofrece WWAN, las generaciones más importantes son: 2.5G, 2.75G, 3G y 3.5G. Ver referencia [16].

## Tecnologías WWAN



**Figura 2-5: Tecnologías WWAN**

Fuente: [http://es.computers.toshiba-europe.com/Contents/Toshiba\\_es/ES/WHITEPAPER/files/2006-09-WWAN-for-business-ES.pdf](http://es.computers.toshiba-europe.com/Contents/Toshiba_es/ES/WHITEPAPER/files/2006-09-WWAN-for-business-ES.pdf)

### 2.5. Servicio de mensajes cortos (SMS)

El Servicio de mensajes cortos ("Short Message Service"), es un sistema de mensajes de texto para teléfonos móviles, entre teléfonos móviles, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano.

SMS fue diseñado originariamente como parte del estándar de telefonía móvil digital GSM, pero en la actualidad está disponible en una amplia variedad de redes, incluyendo las redes 3G.

Cuando un usuario envía un SMS, o lo recibe, se incluyen con su payload (carga útil o cuerpo del mensaje) los siguientes parámetros: [17][18]

- Fecha de envío (también llamada *timestamp*);
- Validez del mensaje, desde una hora hasta una semana;
- Número de teléfono del remitente y del destinatario;
- Número del SMSC que ha originado el mensaje

Como su nombre lo indica, los datos que puede contener un mensaje corto es bastante limitada. Un mensaje SMS puede contener a lo sumo 140 bytes (1120 bits) de datos, de esta forma un mensaje SMS puede contener hasta:

- 160 caracteres si se utiliza codificación de caracteres de 7 bits. (codificación caracteres de 7 bits son adecuados para codificar caracteres en latín, como los que utilizan los alfabetos Español e Inglés).
- 70 caracteres si se utiliza codificación de caracteres Unicode UCS2 de 16 bits. (adecuado para caracteres no latinos como los que usa el alfabeto chino).

En el contexto colombiano, hablar de SMS se suele malentender como “mensaje de texto”, lo cual es parcialmente cierto.

Un mensaje SMS, además de texto, puede llevar datos binarios, llamados “mensajes binarios”. Los mensajes binarios son ampliamente utilizados, pero muchas veces su uso es desconocido. [10]

## **2.6. Tecnología Bluetooth**

Bluetooth es un protocolo de comunicaciones inalámbricas omnidireccionales con arquitectura Cliente-Servidor [19]. Quien inicia la conexión (Cliente) es el maestro, y quien recibe la conexión (Servidor) es el esclavo.

Las conexiones Bluetooth pueden ser de dos tipos:

**Punto a punto:** un dispositivo Bluetooth se conecta con sólo un dispositivo Bluetooth.

**Multipunto:** un dispositivo multipunto es capaz de conectarse *hasta con 7 dispositivos Bluetooth* al mismo tiempo.

### **2.6.1. Pila de protocolos Bluetooth**

La pila de protocolos Bluetooth, o Bluetooth Protocol Stack [19] es un agente de control que implementa el protocolo Bluetooth y permite la comunicación de un dispositivo Bluetooth con otros dispositivos Bluetooth, y el control de un dispositivo Bluetooth específico.

#### **Capas de la pila de protocolos**

Para los desarrolladores de aplicaciones, el protocolo Bluetooth puede ser dividido en dos ítems principales: capas y perfiles.

Las capas del protocolo Bluetooth se explican en detalle en el libro Bluetooth for Java, editorial Apress, capítulo “The Bluetooth Protocol Stack”. [19]

### **2.6.2. Perfiles Bluetooth**

Un perfil Bluetooth es un conjunto de funcionalidades predefinidas para dispositivos Bluetooth. Para que dos dispositivos Bluetooth interactúen entre sí, la pila de protocolos Bluetooth no es suficiente; ambos dispositivos necesitan implementar el mismo perfil.

## 2.7. Tecnologías y herramientas utilizadas en el proyecto

### 2.7.1. MySQL

MySQL es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario.

MySQL se destaca por su velocidad de lectura cuando utiliza el motor no transaccional MyISAM, pero este motor puede provocar problemas de integridad en entornos donde la modificación de datos es alta. MyISAM es útil en entornos web donde se requiere principalmente lectura de datos.

En entornos con alta modificación de datos, MySQL se suele combinar con el motor InnoDB, incluido como formato de tabla estándar a partir de la edición 4.0 de MySQL, que maneja integridad referencial y ofrece fiabilidad y consistencia muy superiores a MyISAM, a costo de no ser tan veloz como el mismo. [20]

El presente proyecto utiliza el sistema de gestión de bases de datos MySQL con el motor transaccional InnoDB, ya que es robusto y estable para los fines previstos; al ser uno de los más utilizados en el mercado, se pueden encontrar una buena cantidad de herramientas para su manejo; existe una gran cantidad de controladores y APIs<sup>2</sup> para la interacción de MySQL con diversos lenguajes de programación, como lo es Java; hay una extensa documentación en diferentes lenguajes como el Inglés; se encuentra disponible en diferentes plataformas.

---

<sup>2</sup> Application Programming Interface o Interfaz de Programación de Aplicaciones. Conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

### **2.7.2. Java**

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos de alto nivel.

Dado que las aplicaciones desarrolladas en Java están típicamente compiladas en bytecode, que luego es interpretado en código nativo gracias a Máquinas Virtuales Java, les permite ser ejecutadas en diferentes plataformas, siguiendo el lema “compila una vez, ejecuta donde quieras”, aunque esta portabilidad afecta la velocidad de las mismas.

El presente trabajo de grado está desarrollado en su totalidad utilizando el lenguaje de programación Java, y diversas tecnologías Java descritas a continuación.

### **2.7.3. Java Standard Edition (JSE)**

La plataforma Java Standard Edition (JSE) [21] es una colección de APIs<sup>2</sup> del lenguaje de programación Java. La plataforma JSE es ampliamente utilizada para aplicaciones de uso general, y consiste prácticamente de una Máquina Virtual Java, junto a un conjunto de librerías necesarias para el uso de archivos, redes e interfaces gráficas, entre otros.

Una de las versiones del subsistema Execution Core, el cual es uno de los subsistemas del sistema domótico, basaba su desarrollo en la plataforma JSE.

### **2.7.4. Java Enterprise Edition (JEE)**

La plataforma Java Enterprise Edition (JEE) [22] es una plataforma ampliamente utilizada para la programación de servidores, en el lenguaje de programación Java.

La plataforma JEE difiere de la plataforma JSE en que adhiere librerías que proveen funcionalidades para el desarrollo de aplicaciones distribuidas cliente-servidor con tolerancia a fallos, basadas en componentes modulares que se ejecutan sobre un servidor de aplicaciones.

Para este proyecto se utilizó el servidor de aplicaciones GlassFish, en el cual se despliegan dos de sus subsistemas utilizando dos de las tecnologías anteriormente mencionadas:

#### **2.7.4.1. Java Servlet Technology**

Un servlet es una clase de Java usada para extender las capacidades de los servidores que contienen aplicaciones cliente-servidor, que utilizan el modelo de programación de petición-respuesta. Para mayor información, ver referencia [23].

El presente proyecto basa su subsistema **Control Core** en esta tecnología.

#### **2.7.4.2. Java Server Pages**

Java Server Pages (JSP) [24] es una tecnología para el desarrollo de páginas web con contenido dinámico.

Una página JSP puede utilizar código Java mediante scripts y utilizar elementos standard de otros lenguajes como etiquetas HTML, pero además posee elementos especiales propios de JSP que permiten al servidor insertar contenido dinámico en la página.

### **2.7.5. Java Micro Edition**

La arquitectura Java™ Micro Edition [25] está orientada a pequeños dispositivos y sistemas embebidos como son teléfonos móviles, PDAs, Set-Top Boxes, máquinas expendedoras, etc. La arquitectura JME está formada por un conjunto de APIs estándares que permiten que las aplicaciones desarrolladas se beneficien de las características multiplataforma de Java y que abren la puerta a la distribución de aplicaciones a millones de dispositivos.

Java ME maneja las configuraciones *Connected Limited Device Configuration* y *Connected Device Configuration* [26] y los perfiles *Mobile Information Device Profile*, *Foundation Profile*, *Personal Profile*, *Personal Basis Profile* y *Wireless Messaging API*.

### **2.7.6. JavaFX Platform**

JavaFX [27] es una plataforma de desarrollo de desarrollo rica en contenidos vistosos y bien elaborados, que permite crear aplicaciones estilizadas en poco tiempo.

JavaFX puede ser utilizado por desarrolladores y diseñadores en un entorno colaborativo.

### **2.7.7. Lightweight User Interface Toolkit (LWUIT)**

Lightweight User Interface Toolkit (LWUIT) [28] es una librería para la plataforma JavaME. LWUIT permite a los desarrolladores crear interfaces de usuario visualmente atractivas y funcionalmente sofisticadas, que se ven y comportan de

la misma manera en todos los dispositivos compatibles con Java ME, MIDP 2.0 y CLDC 1.1.



**Figura 2-6: Interfaz de usuario LCDUI en dispositivos de diferentes fabricantes**

Fuente: Autor

La figura 2-11 muestra una aplicación con interfaz de usuario desarrollada en LCDUI. A la izquierda, la aplicación es ejecutada en un emulador Samsung SGH-B2700; a la derecha, la aplicación es ejecutada en un emulador Nokia N86. En esta figura se puede apreciar un cambio en la apariencia visual de la aplicación. Además, los comandos de acción cambian su posición en la pantalla y su distribución en el teclado, lo que hace difícil su utilización. Aún usuario experto en esta aplicación en un dispositivo Samsung, puede llegar a tener problemas a la hora de migrar hacia un dispositivo Nokia, por mencionar algunos fabricantes.

LWUIT soluciona esto dibujando sus componentes en gráficos de bajo nivel, comunes para todos los dispositivos y todos los fabricantes, brindando al usuario una experiencia visual y funcional uniforme, sin importar la plataforma donde se ejecute la aplicación.



**Figura 2-7: Interfaz de usuario LWUIT en diferentes dispositivos**

**Fuente: Autor. Arriba Emulador Nokia N86, abajo Emulador Java ME SDK 3.0 Sun Microsystems**

Este trabajo utiliza LWUIT para el desarrollo de la interfaz de usuario de los dos subsistemas desarrollados con la tecnología Java ME.

### **2.7.8. Record Management System (RMS)**

Record Management System, o RMS, es un mecanismo de los MIDlets, proporcionado por MIDP, que permite el almacenamiento de datos de forma persistente para su futura recuperación. Este mecanismo es implementado sobre una base de datos basada en registros.

Los datos son almacenados en el dispositivo en una zona de memoria dedicada para este propósito. La cantidad de memoria y la zona asignada dependen de cada dispositivo. [29]

### **2.7.9. Servidor de aplicaciones Glassfish**

Glassfish es un servidor de aplicaciones de código abierto que implementa la plataforma Java EE 5.

El servidor Glassfish es utilizado para ejecutar aplicaciones desarrolladas en diversas tecnologías como son, por ejemplo, Java Server Pages, Java Server Faces, Servlets, Enterprise Java Beans y muchas otras tecnologías.

En este proyecto se utiliza Glassfish como contenedor de dos subsistemas.

### **2.7.10. Modelo Cliente-Servidor**

El modelo Cliente-Servidor es una estructura de aplicaciones distribuidas que distribuye tareas entre proveedores de servicios, llamados servidores, y solicitantes de servicios, llamados clientes.

El proceso se realiza de la siguiente manera: el cliente envía una petición envía una solicitud a través de la red al servidor y espera una respuesta. Cuando el servidor recibe la solicitud, realiza el proceso solicitado y devuelve una respuesta.

[30]. Al recibir dicha respuesta, el cliente continúa los procesos asociados a la respuesta obtenida.

### **2.7.11. Java Specification Requests (JSRs)**

Java Specification Request (JSR) es un documento formal generado por la Java Community Process (JCP) que describe especificaciones propuestas y tecnologías que han de ser adheridas a la plataforma Java.

Actualmente hay más de 300 JSR, pero en el presente trabajo se tratan algunas de importancia en el desarrollo de los subsistemas que conforman el sistema distribuido. Las JSR utilizadas fueron:

- JSR 82: Java™ APIS for Bluetooth [31]
- JSR 118: Mobile Information Device Profile 2.0 [32]
- JSR 120: Wireless Messaging API [33]
- JSR 139: Connected Limited Device Configuration 1.1 (CLDC)
- JSR 197: Generic Connection Framework Optional Package for the J2SE Platform [34] [35]

#### **2.7.11.1.1. Bluecove**

Bluecove es una implementación de JSR-82 para la plataforma JSE, que sirve de interfaz entre aplicaciones Java y la pila Bluetooth en diferentes sistemas operativos. Bluecove fue desarrollado originalmente por Intel Research y es mantenido actualmente por voluntarios. [36]

En este trabajo, Bluecove permite al sistema de ejecución de peticiones recibir peticiones a través de mensajes Bluetooth utilizando el respectivo dispositivo físico presente en equipos portátiles o de mesa.

### 2.7.12. Apache Struts

Apache Struts [37] es un framework<sup>3</sup> para la creación de aplicaciones web en Java.

Struts usa la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC). El modelo representa el negocio o código de base de datos, la Vista representa el código del diseño de la página, el controlador representa el código de navegación.

### 2.7.13. Hibernate

Hibernate es una herramienta de mapeo objeto-relacional<sup>4</sup> que permite trabajar fácilmente con información de una base de datos relacional en forma de objetos típicos de Java. [38]

Hibernate maneja un lenguaje de consultas llamado Hibernate Query Language (HQL), similar a SQL. HQL está orientado a objetos y entiende notaciones como *herencia*, *polimorfismo*, y *asociación*.

### 2.7.14. JFXtras

JFXtras<sup>5</sup> es una librería de código abierto para JavaFX, actualmente en desarrollo, que proporciona utilidades adicionales que ayudan a construir aplicaciones JavaFX más poderosas.

Todo el código escrito en JavaFX es manejado por el *event dispatch thread* (EDT). EDT es un único hilo responsable de la presentación y renderizado de la

---

<sup>3</sup> Framework es una abstracción en la cual un código común provee funcionalidades genéricas, que pueden ser modificadas por código del usuario proveyendo funcionalidades específicas.

<sup>4</sup> Mapeo objeto-relacional es una técnica de programación para convertir datos entre el sistema de tipos utilizado en un lenguaje de programación orientado a objetos y el utilizado en una base de datos relacional.

<sup>5</sup> <http://code.google.com/p/jfxtras/>

interfaz de usuario, de modo que mientras se ejecuta algún código JavaFX, la interfaz de usuario no es actualizada.

La clase `JFXWorker` de `JFXtras` soluciona esto permitiendo invocar código JavaFX en un hilo de fondo sin bloquear el EDT. [39]

`JFXWorker` fue de mucha utilidad en el desarrollo de la maqueta software de la casa domótica.

### **2.7.15. Autodesk Homestyler**

Autodesk Homestyler<sup>6</sup>, originalmente *Project Dragonfly*, es un software diseñador de casas online gratuito que permite diseñar habitaciones interiores y exteriores, agregar muebles, electrodomésticos, entre otros elementos del hogar, en un plano 2D, que luego se transforma en una casa 3D de forma rápida y sencilla. El diseño elaborado puede ser exportado como archivos .JPEG.

---

<sup>6</sup> <http://www.homestyler.com/>

### **3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO**

Originalmente se tenía presupuestado como metodología de desarrollo para el presente proyecto la metodología iterativa de entrega por etapas, en la cual el software se desarrolla en etapas sucesivas, mostrando al cliente al final de cada una de estas el respectivo avance y entrenándolo para usar lo que esté disponible en esa etapa, hasta terminar el proyecto.

Durante el desarrollo de la primera etapa se observó una fuerte relación entre los diferentes subsistemas del proyecto; el desarrollo y pruebas de un subsistema estaba fuertemente ligado al desarrollo y pruebas de al menos un segundo subsistema, lo que obligaba a que ambos sistemas se desarrollaran en paralelo.

De esta forma era complejo realizar en una etapa un módulo relativamente completo, que presentara una funcionalidad con la cual se pudiera ir entrenando al usuario. La funcionalidad de un subsistema dependía del desarrollo y funcionalidad de uno o más subsistemas.

Debido a esto, se optó por implementar una metodología Extreme Programming (XP) adaptada, en la cual se mantendrían las fases cortas de análisis de requisitos, diseño, codificación y pruebas, pero dado que un sistema dependía de, y era dependido por, otro sistema, en algunas ocasiones no se podían especificar requisitos al comienzo de cada subsistema.

Extreme Programming realiza ciclos de desarrollo cortos (iteraciones), con entregables funcionales al final de cada ciclo. En este proyecto se manejaban entregables cada 15 días.

Extreme Programming se puede separar en fases, como se describe a continuación: [40]

### **Fase de exploración**

Define el alcance general del proyecto. En esta fase se definen las historias de usuario, que contienen las especificaciones de las necesidades del cliente. Las estimaciones realizadas en esta fase son a muy alto nivel, y pueden variar al analizarse más en detalle en cada iteración.

En este proyecto las historias de usuario fueron reemplazadas por diagramas de casos de uso que, al igual que las historias de usuario, contemplan los requerimientos del usuario.

### **Fase de planificación**

En esta fase el desarrollador y el cliente, representado por el codirector del proyecto, se reúnen y acuerdan el orden en que deberían implementarse los casos de uso según su prioridad. Como resultado, se obtiene un plan de entregas.

### **Fase de iteraciones**

En esta fase se desarrollan las funcionalidades del sistema, generando al final de cada una un entregable funcional que implementa los casos de usos asignados a dicha funcionalidad en la iteración respectiva. Al principio de cada iteración se reevalúan las especificaciones del usuario y la interacción del subsistema con otros subsistemas.

### **Fase de puesta en producción**

En esta fase se ponen en marcha todos los subsistemas terminados, con lo cual se obtiene el sistema distribuido funcional.

En esta fase no se realizan más desarrollos funcionales, pero pueden ser necesarias tareas de ajuste.

La metodología XP se basa en:

**1. Pruebas unitarias:** son pruebas que se hacen a los procesos más importantes del sistema, previendo posibles fallas a futuro.

Para la realización de las pruebas unitarias en los subsistemas desarrollados en las plataformas JSE, JEE y JavaFX se utilizó el framework para pruebas JUnit<sup>7</sup>, lo cual permitió evaluar el funcionamiento de cada una de las clases para ver si se comportaban de la manera esperada. Consiste en asignar un valor de entrada y un retorno esperado a cada método; JUnit utiliza la misma entrada durante la prueba y compara la salida, devolviendo un mensaje determinado según el resultado de la prueba.

En cuanto a los subsistemas desarrollados en la plataforma JME, se utilizó el framework JJUnit<sup>8</sup>, el cual es una adaptación de JUnit para la plataforma JME.

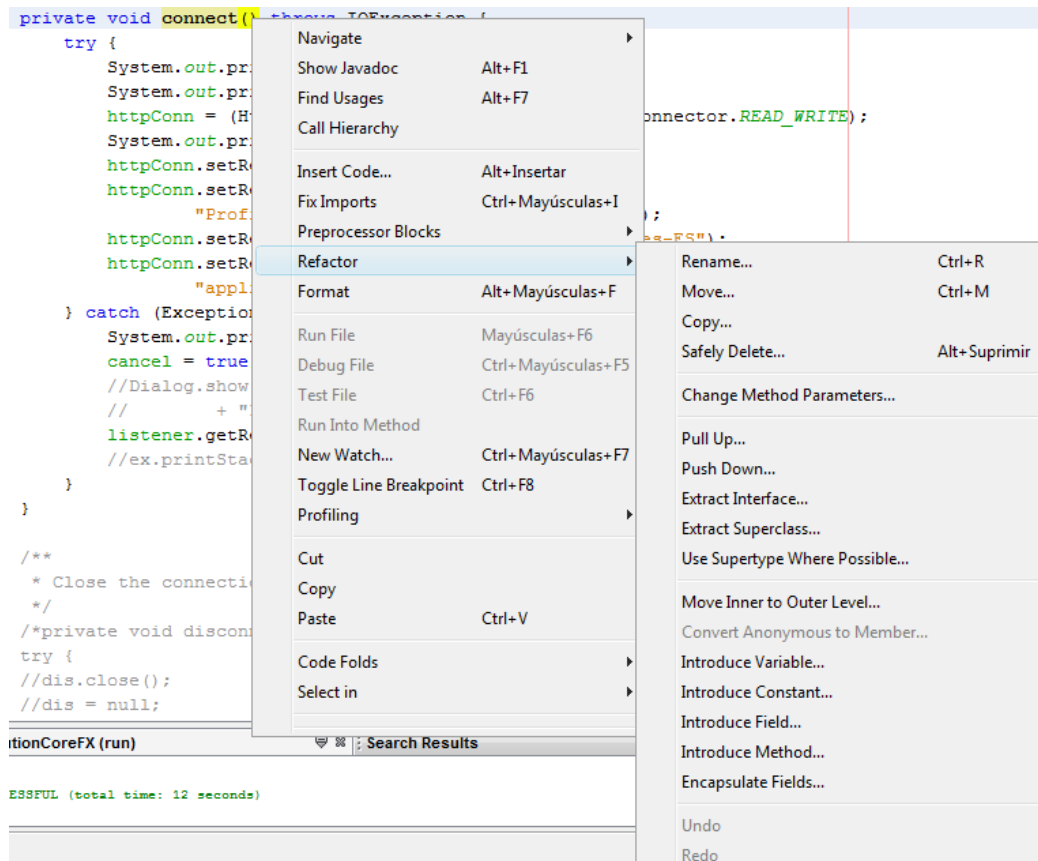
**2. Refactorización:** está basada en la reutilización del código mediante modelos estándares. La refactorización permite especializar el código fuente, haciéndolo más fácil de entender y reutilizar.

NetBeans IDE proporciona un conjunto de herramientas para utilizar técnicas de refactorización. La figura 3-1 muestra el menú de NetBeans utilizado para refactorización.

---

<sup>7</sup> <http://www.junit.org/home>

<sup>8</sup> <http://jmmunit.sourceforge.net/>



**Figura 3-1: Menú Refactor de NetBeans IDE**

Fuente: Autor

3. **Programación en pares:** La programación en pares es una particularidad de la metodología XP, en la cual dos desarrolladores trabajan en un proyecto en la misma estación de trabajo.

Dado que este proyecto fue desarrollado por un desarrollador, esta parte de la metodología XP no pudo ser implementada; de ahí que la metodología sea XP adaptado.

## **4.     PROTOTIPO SOFTWARE PARA CONTROL DOMÓTICO - DOMOLUTION**

**Domolution**, contracción de Domotic Solution, es un prototipo software de un sistema Domótico distribuido, que combina diferentes tecnologías Java orientado a la comunicación a grandes distancias.

Domolution, al ser un sistema domótico, permite el control de dispositivos electrónicos presentes en una casa, utilizando como medio de control una aplicación móvil instalada en el dispositivo móvil del usuario, el cual tiene cierta relación con dicha casa.

Domolution, en su primer prototipo, se muestra funcional para el control domótico; pero su arquitectura distribuida es fácilmente adaptable a sistemas inmóticos (sistemas de edificios inteligentes) y muchos otros.

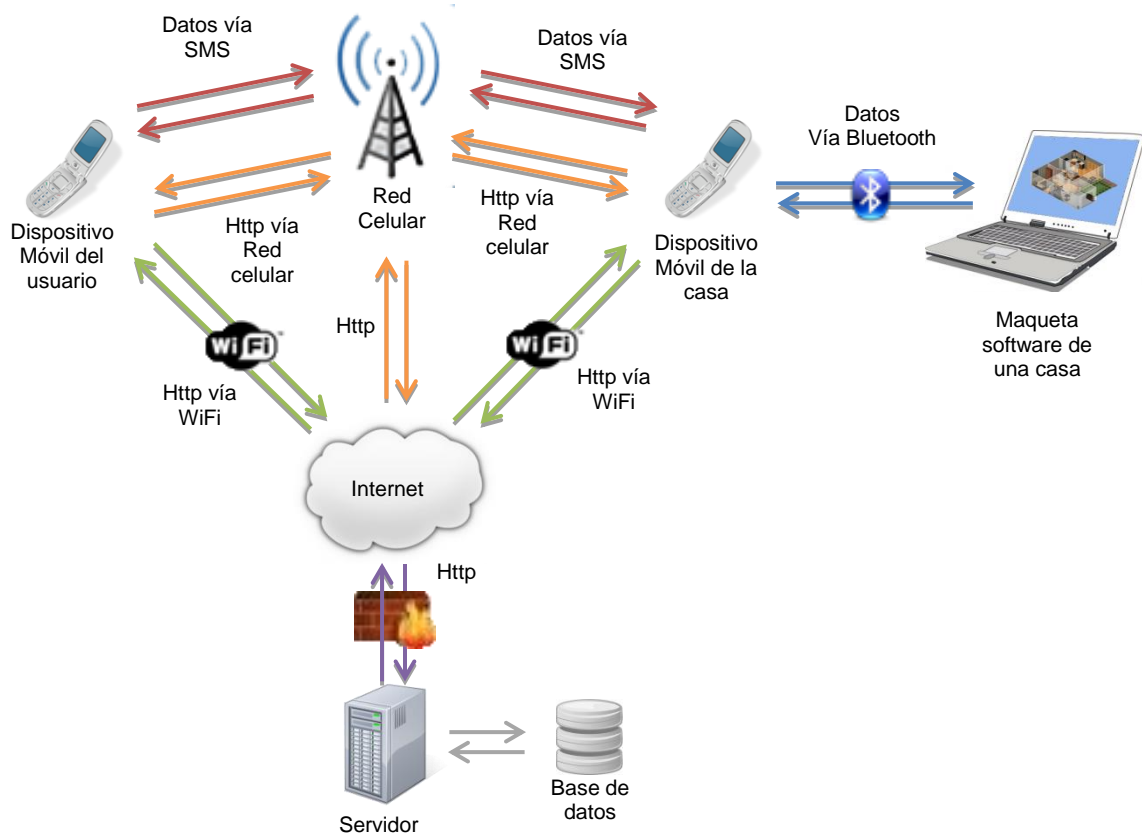
En esta sección se describirá la arquitectura distribuida del sistema Domolution, seguido de la descripción de los subsistemas que conforman el sistema Domolution y sus interacciones, para luego pasar a hablar del protocolo de comunicación de peticiones y respuestas. Finalmente, se hará un recorrido por la interfaz gráfica de los subsistemas y se darán ejemplos del control de dispositivos.

### **4.1.   Arquitectura distribuida del sistema Domolution**

Domolution es un sistema distribuido. Como tal, los subsistemas que lo conforman se encuentran separados geográficamente y en constante comunicación.

Domolution basa su funcionamiento en los avances tecnológicos de transmisión de datos, comunicación inalámbrica y servicios de mensajes, los cuales son actualmente accesibles al público, que cada vez más incorpora la tecnología de comunicación como una herramienta natural de sus procesos de desarrollo intelectual, cultural y social, por nombrar algunos.

La figura 4-1 muestra la arquitectura distribuida del sistema Domolution.



**Figura 4-1: Arquitectura distribuida del sistema Domolution**

Fuente: Autor

Los componentes físicos del sistema son:

- Un servidor de aplicaciones, el cual se encuentra en las instalaciones de la empresa que provee el servicio.
- Un dispositivo móvil de usuario, que permanecería en poder del usuario donde este se encuentre.
- Un dispositivo móvil, el cual permanecerá en la casa.
- Para efectos de este prototipo, una computadora localizada en la casa.

En términos generales, el sistema se puede describir de esta manera:

Imagine que usted recientemente ha adquirido el sistema Domolution de la fundación domótica de la universidad Industrial de Santander “FunDomoUIS”.

Un técnico de “FunDomoUIS” visita su vivienda, e instala en su dispositivo móvil de bolsillo y en el dispositivo móvil de permanencia en la casa, las aplicaciones software correspondiente. Además, realiza las conexiones necesarias en la vivienda, que en este prototipo resulta ser una simulación, y registra su vivienda y los dispositivos que ella contiene, en la base de datos de FunDomoUIS, con la ayuda de la página web de la fundación.

Siendo usted usuario de Domolution, se encuentra alejado de su residencia, digamos en un viaje de negocios, y recuerda haber dejado cierto dispositivo electrónico activado; la lámpara de la habitación por ejemplo.

Usted accede al aplicativo instalado en su dispositivo móvil (en la figura 4-1 representado por el celular de la izquierda) y se conecta a una red internet al alcance.

Su conexión puede realizarse a través de una red de área local WiFi (siga el par de flechas verdes de la izquierda), en caso de que su dispositivo soporte este tipo de conexiones. Si no tiene acceso a una red de área local o se encuentra usted

en movimiento, puede conectarse a través de la red de su operador celular (siga el par de flechas naranja al lado del dispositivo móvil de usuario).

Cual sea la forma de conexión a internet, su aplicación móvil se comunica con el servidor de FunDomoUIS, con lo cual se cargan contenidos requeridos por la aplicación móvil, extraídos de la base de datos.

A través de su aplicación móvil, usted navega por estos contenidos hasta alcanzar una referencia de aquella lámpara de la habitación que ha dejado encendida; este proceso requiere la comunicación entre su aplicación móvil y el servidor, por lo cual el lector se encontrará navegando con la mirada entre las flechas verdes o naranjas, y finalmente las moradas, que van y vienen.

Una vez ahí, usted le indica a la aplicación que desea apagar el dispositivo electrónico, con lo cual la aplicación del dispositivo móvil de usuario envía un mensaje SMS al dispositivo móvil de la casa (representado por el celular de la derecha) donde se encuentra la lámpara. En la figura 4-1, los mensajes SMS están representados por las flechas rojas de la parte superior.

Al recibir el mensaje SMS, la aplicación del dispositivo móvil de la casa entabla comunicación con el servidor. En este proceso se realiza una verificación de la petición, luego de la cual una aplicación alojada en el servidor informa a la aplicación del dispositivo móvil de la casa si usted tiene permisos para realizar dicha petición.

Esta comunicación, al igual que en la aplicación del usuario, puede llevarse a cabo con conexión internet a través de una red de área local WiFi, o a través de la red del operador celular. En la figura 4-1 se representa la comunicación con las flechas verdes y naranjas, que conectan el dispositivo móvil de la casa con el servidor.

En caso de que la acción pueda ser realizada, la aplicación envía una petición a la aplicación encargada de controlar el estado de los dispositivos electrónicos por medio de un mensaje Bluetooth (en el diagrama representado por las flechas azules). Esta aplicación procede a apagar la lámpara y retorna un mensaje Bluetooth de confirmación de la acción realizada.

Una vez recibido el mensaje de confirmación, la aplicación alojada en el dispositivo móvil de la casa retorna un mensaje SMS a la aplicación alojada en el su dispositivo móvil, informándole que la acción se realizó con éxito (flechas rojas de retorno).

Ahora la lámpara que olvidó apagar se encuentra apagada, ahorrando energía y aportando a la preservación del medio ambiente.

En este apartado se ha descrito brevemente la arquitectura distribuida de Domolution mediante un ejemplo, pero su descripción a fondo se trata en el apartado 4.3. Subsistemas del sistema Domolution.

#### **4.2. Sistema de ficheros - Domolution Filesystem**

Una casa domótica, como cualquier casa corriente, posee diversos dispositivos electrónicos. Comúnmente se conocen dispositivos electrónicos tales como televisores y reguladores de temperatura, pero con una adaptación electrónica correspondiente, cualquier dispositivo podría ser controlado. Una puerta adaptada puede recibir órdenes de control al igual que un televisor; lo mismo es aplicable a ventanas u otros.

Según esto, en una casa puede haber una gran cantidad de dispositivos electrónicos controlables, y a su vez diferentes categorías de dispositivos.

Si todos los dispositivos se trataran como tal, dispositivos, sería tremendamente tedioso buscar en un listado un determinado dispositivo, digamos calefacción, entre una cantidad de puertas, televisores, ventanas, lámparas y demás.

Para evitar eso, se ha diseñado un método de categorización de dispositivos, que permite mantener los dispositivos ordenados en categorías específicas. El método de categorización planteado es una adaptación básica de los sistemas de archivos tradicionales<sup>9</sup> con las siguientes características:

- A diferencia de los sistemas de archivos convencionales, el sistema de archivos de Domolution no identifica un archivo por su nombre, que suele especificar la sucesión de directorios y subdirectorios, sino por un código de categoría. Esto permite la repetición de nombres.
- La organización de dispositivos se lleva a cabo a través de Categorías. Una categoría es un concepto similar a un directorio en los sistemas de archivos convencionales. Una categoría puede contener dispositivos o subcategorías, las cuales a su vez pueden contener también dispositivos o subcategorías<sup>10</sup>.
- La codificación de categorías presenta una estructura jerárquica multicapa, con hasta 10 categorías raíz; similar a una red neuronal artificial.

A continuación se describe la estructura de codificación de categorías.

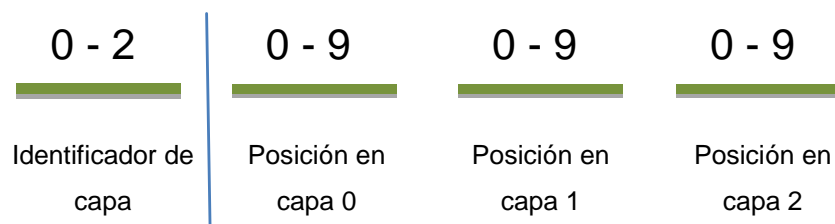
#### **4.2.1. Codificación de categorías**

Una categoría se distingue de otras categorías por medio un código de 4 dígitos, mostrado en la figura 4-2.

---

<sup>9</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/File\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/File_system)

<sup>10</sup> Exceptuando las categorías de la tercera capa



**Figura 4-2: Estructura del código de categoría**

Fuente: Autor

El primer dígito es un indicador de profundidad; indica la capa en que se encuentra la categoría. Este dígito toma valores de 0 a 2, lo que indica una estructura de 3 capas.

El segundo, tercer y cuarto dígito, representan posiciones de categorías de la primera, segunda y tercera capa respectivamente.

Las categorías raíz, aquellas que están en la primera capa, y las categorías de la segunda capa, pueden contener subcategorías y dispositivos, mientras que las categorías de la tercera capa sólo pueden contener dispositivos.

El número de capas y los nombres de cada una son voluntad del usuario, quien las utiliza como más le convenga. Sin embargo, hay una restricción en la primera capa: debe existir por lo menos una categoría. La categoría "Otros" es la categoría por defecto de la capa cero. En esta categoría son almacenados los dispositivos electrónicos durante su registro en el sistema. De allí parte el usuario, y puede decidir si agrega más categorías raíz a la capa cero, o si trabaja todo desde esta categoría. La categoría "Otros" puede ser renombrada pero no eliminada.

El siguiente ejemplo ilustra la localización de un dispositivo dentro de una categoría:

Imagine que un usuario de Domolution desea categorizar la lámpara de su mesa de noche. Para esto, el usuario piensa que es útil crear una categoría raíz llamada Luces. Al existir previamente la categoría “Otros” en la posición 0 de la capa 0, la categoría “Luces” tomaría la posición 1 de la capa 0.

La tabla 4-1 ilustra lo anterior.

Indicador de capa	Posición en capa 0	Posición en capa 1	Posición en capa 2	Código de categoría superior	Código de categoría	Nombre
0	0	---	---	---	0000	Otros
0	1	---	---	---	0100	Luces

**Tabla 4-1: Codificando una categoría en la capa 0**

Fuente: Autor

Al agregar una categoría a la capa 0, el dígito de interés es el que indica la posición en la capa 0, el segundo dígito. Los demás dígitos menos significativos no han sido definidos, y no son de interés para esta categoría debido a su posición, por lo cual se asigna un cero a cada uno. Esto hace que la categoría “Luces”, ubicada en la capa 0, tenga código 0100, el cual se lee: “capa cero, posición 100”.

El usuario del sistema Domolution considera ahora útil hacer una distinción entre las luces del primer piso y las del segundo piso, por lo cual cree pertinente crear una categoría para cada piso. Elige para ellas los nombres “Luces piso 1” y “Luces piso 2”.

La tabla 4-2 muestra las nuevas categorías junto con las agregadas anteriormente.

Indicador de capa	Posición en capa 0	Posición en capa 1	Posición en capa 2	Código de categoría superior	Código de categoría	Nombre
0	0	---	---	---	0000	Otros
0	1	---	---	---	0100	Luces

1	1	0	---	0100	1100	Luces piso 1
1	1	1	---	0100	1110	Luces piso 2

**Tabla 4-2: Codificando una categoría en la capa 1**

Fuente: Autor

Ahora el dígito de interés es el que indica la posición en la segunda capa.

Para una categoría de una determinada capa  $n$ , el dígito de posición de la capa  $n - 1$  es tomado de la posición de la categoría inmediatamente superior que contiene a esta última subcategoría. De la misma manera que se describió anteriormente, el dígito de posición de capa  $n + 1$  no ha sido asignado, por lo cual se le asigna un cero.

Debido a que hay más de una habitación en el segundo piso de la casa, el usuario considera importante crear una categoría extra que represente su habitación. Esta categoría la denomina “Luces habitación principal” y obtiene la posición 0 de la capa 2. La tabla 4-3 muestra lo descrito.

Indicador de capa	Posición en capa 0	Posición en capa 1	Posición en capa 2	Código de categoría superior	Código de categoría	Nombre
0	0	---	---	---	0000	Otros
0	1	---	---	---	0100	Luces
1	1	0	---	0100	1100	Luces piso 1
1	1	1	---	0100	1110	Luces piso 2
2	1	1	0	1110	2110	Luces habitación principal

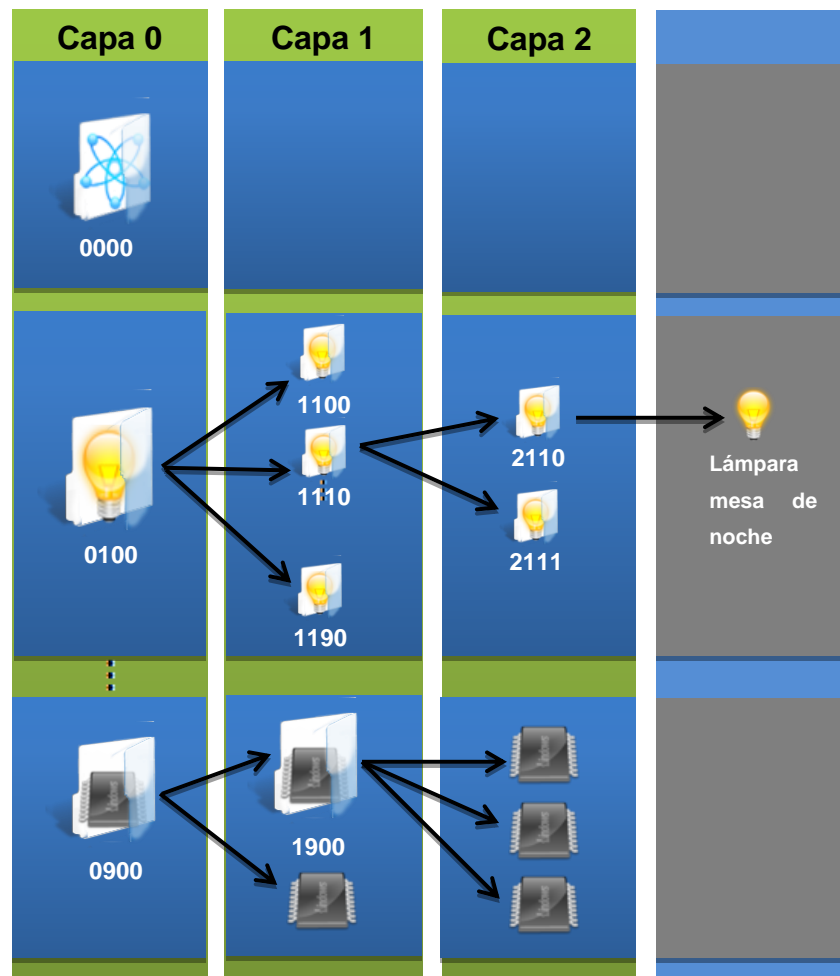
**Tabla 4-3: Codificando una categoría en la capa 2**

Fuente: Autor

Ahora que el usuario de Domolution ha creado las categorías que mejor le convengan, puede localizar el dispositivo “Lámpara mesa de noche”, o como quiera llamarle, en la categoría 2110.

Cada capa puede tener hasta 10 categorías, lo cual da una combinación de  $10^3$  categorías o, lo que es lo mismo, 1000 categorías. Se considera que con este número de categorías se puede realizar una organización apropiada de los dispositivos.

La figura 4-3 ilustra la relación de las capas, categorías y dispositivos del ejemplo anterior. En la figura se han agregado algunos elementos para crear una idea más amplia. Se han omitido los nombres de las categorías, y los códigos y nombres de algunos dispositivos para mayor claridad.



**Figura 4-3: Organización de categorías y dispositivos por capas**

Fuente: Autor

Como se puede apreciar, las flechas indican que una categoría contiene subcategorías y dispositivos, exceptuando las categorías de la tercera capa que sólo contienen dispositivos. Sin embargo, el lector podría llegar a confusiones al pensar que los dispositivos que se muestran pertenecen a la capa 1 y capa 2, o que incluso el dispositivo “Lámpara mesa de noche” pertenece a una capa extra; esto no debe entenderse de esta forma, ya que un dispositivo no pertenece explícitamente a ninguna capa, sino más bien a una categoría, las cuales sí pertenecen a una capa. De acuerdo a esto, el dispositivo “Lámpara mesa de noche” pertenecería implícitamente a la capa 2.

### **4.3. Subsistemas del sistema Domolution**

En el sencillo ejemplo presentado en el apartado 4.1., se introdujo la idea de que existen componentes físicos, los cuales contienen aplicaciones software. Se describe a manera general la comunicación que se presenta entre aplicaciones o sistemas, se menciona una verificación de la acción deseada y cómo esta acción es ejecutada.

En el presente apartado se describirán a fondo los subsistemas que conforman el sistema Domolution.

#### **4.3.1. DomolutionDB**

DomolutionDB, o Domolution Data Base, la base de datos del sistema. En esta encuentra la persistencia de datos de todo el sistema Domolution. Se encuentra alojada en un servidor de bases de datos localizado en un servidor físico.

Para la construcción de esta base de datos se inició construyendo el modelo semántico, en el cual se describen detalles de la aplicación y se extraen del texto entidades, vínculos entre entidades y atributos de las mismas.

##### **4.3.1.1. Modelo semántico**

El sistema domótico consta de diversas **casas** automatizadas que **contienen** diversos **dispositivos** electrónicos controlables.

El sistema es utilizado por diversos **usuarios residentes** de una **casa** automatizada, los cuales interactúan con los diversos **dispositivos** electrónicos

controlables presentes en dicha **casa**. Un usuario puede **residir** en diversas **casas** automatizadas.

#### Detalles de los actores del sistema:

Un **usuario** tiene un **número de identificación** de usuario (número de cédula), y posee **apellidos y nombres**. Además cuenta con una **contraseña**, que en conjunto con el **número de identificación** puede acceder al sistema desde cualquier punto de acceso (dispositivo móvil). Un **usuario** tiene uno de dos **tipos de privilegios** disponibles por **casa**, usuario privilegiado (tipo 0) y usuario común (tipo 1), con los cuales obtiene ciertos privilegios asociados, pero puede tener un **tipo de privilegio** diferente en casas diferentes.

En caso de que el **usuario** olvide su **contraseña** correspondiente, este cuenta con un campo de **número de móvil** que le será requerido al presentarse este evento, lo cual le permitirá recibir un mensaje en su dispositivo móvil con los datos pertinentes.

Cada **casa** cuenta con un **número de identificación** de casa y un **nombre de casa** con el cual será reconocida fácilmente por el **usuario**. Además cada **casa** cuenta con un dispositivo móvil (Link) encargado recibir y retransmitir las peticiones de manipulación de los **dispositivos** electrónicos, el cual tiene su respectivo **número de identificación de link** (número de teléfono). Este **número de identificación de link** puede cambiar.

Un **dispositivo** consta de un **número de identificación** de dispositivo que lo distingue en el sistema y un **código de identificación** de dispositivo que lo distingue internamente en una casa, un **nombre de dispositivo** y un **estado** físico actual, bien sea activado o desactivado.

Un **dispositivo**, al igual que un **usuario**, tiene uno de dos **tipos de privilegios** de dispositivo: dispositivo privilegiado (tipo 0), que sólo puede ser manipulado por

usuarios privilegiados, y dispositivo común (tipo 1), que puede ser manipulado por usuarios comunes y privilegiados.

Un **dispositivo** se encuentra relacionado con un **tipo de dispositivo** según su género, tales como luces, puertas, ventanas, entre otros.

Otra propiedad de los **dispositivos** electrónicos es su capacidad de **bloqueo**, que permite a los **usuarios** privilegiados bloquear el uso de un determinado **dispositivo** a **usuarios** comunes.

Un **dispositivo pertenece** a una única **categoría** pero una categoría puede **contener** muchos **dispositivos**. Una **categoría** tiene un nombre para fácil identificación visual.

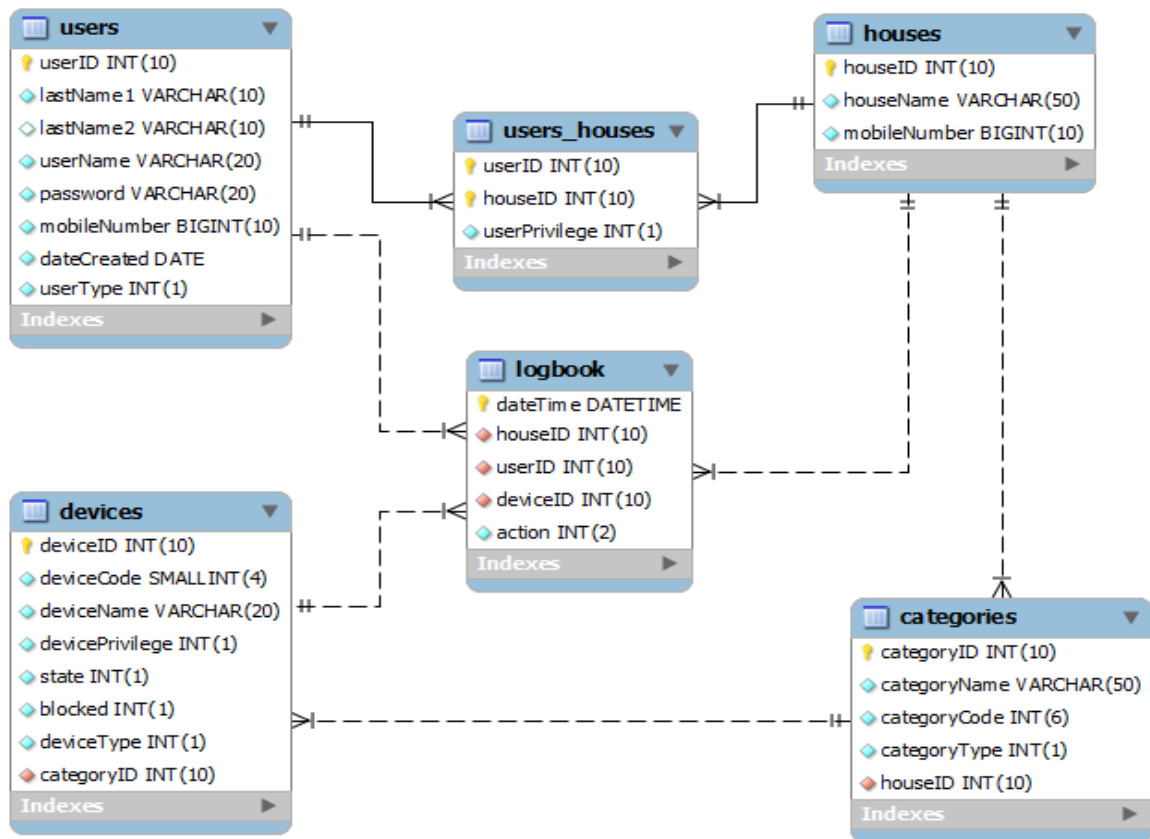
Una **categoría pertenece** a una única **casa**, y dado que un **dispositivo pertenece** a una única **categoría**, por transitividad se aprecia que un **dispositivo pertenece** a una única **casa**.

Una **categoría** posee un **identificador de categoría**, que la identifica en el sistema y un **código de categoría** que la distingue de otras **categorías** de una misma **casa**, además cuenta con un **tipo de categoría** que según su género puede ser tipo luces, tipo puertas, entre otros.

<b>Sustantivo:</b>	Entidad
<b>Componente verbal:</b>	Vínculos entre entidades y su cardinalidad
<b>Atributo de entidad:</b>	Atributos pertenecientes a una Entidad

#### 4.3.1.2. Modelo Entidad-Relación (ER)

Con base en el modelo semántico, se construyó el siguiente modelo entidad-relación o modelo ER



**Figura 4-4: Modelo ER, DomolutionDB**

Fuente: Autor, utilizando MySQL Workbench

En este modelo, las entidades se han convertido en tablas con sus respectivos vínculos.

Adicionalmente se ha creado una tabla de historial (logbook) de las transacciones realizadas. La tabla logbook registra cada modificación de dispositivos, bien sea activación/desactivación, bloqueo/desbloqueo.

La modificación de un dispositivo y el registro de esta modificación se realizan como un proceso atómico; esto se logra utilizando procesos almacenados (stored procedure [41]), por medio de los cuales se codifican estos dos procesos como un solo proceso almacenado, y este código es ejecutado por el servidor de base de datos.

#### **4.3.1.3. Capacidad de bloqueo de un dispositivo**

En el modelo semántico se menciona, entre otras cosas, la relación entre los dispositivos y las categorías, en concordancia a lo descrito en el apartado 4.2.1.

El modelo semántico también menciona algo que se había descrito previamente, la capacidad de activación/desactivación de un dispositivo, pero además menciona algo que bien merece ser tratado, y es la capacidad de bloqueo/desbloqueo.

Ya se comenta en el modelo semántico que existen dispositivos privilegiados que pueden ser manipulados únicamente por usuarios privilegiados, y dispositivos comunes que pueden ser manipulados tanto por usuarios privilegiados como por usuarios comunes.

Si se piensa por un momento que en un determinado núcleo familiar los usuarios privilegiados son los padres, y los usuarios comunes son los hijos pequeños, un dispositivo privilegiado, o dispositivo restringido, podría ser por ejemplo una estufa. La utilización de un dispositivo peligroso como una estufa debería, lógicamente, ser actividad exclusiva de adultos responsables.

También se puede pensar en este mismo marco, que un televisor es un dispositivo relativamente poco peligroso, y se podría clasificar como dispositivo común. Pero es sabido que los niños muchas veces priorizan la televisión sobre sus obligaciones académicas. En este caso, bloquear el uso de este dispositivo es de utilidad.

Cuando un dispositivo se encuentra en estado bloqueado, mantiene su último estado de activación, el cual no es posible modificar por usuarios comunes pero sí por usuarios privilegiados.

Valiéndose de esto, un padre podría desactivar el dispositivo televisor (apagar) y cambiar su estado de bloqueo a “bloqueado”, mientras sus hijos culminan sus labores académicas.

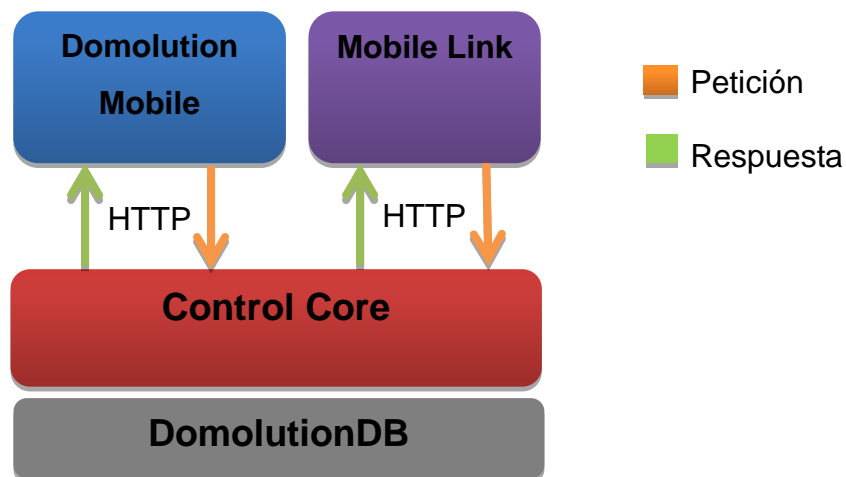
#### 4.3.2. Núcleo de control – Control Core

El subsistema Control Core es un web service de control de peticiones, desarrollado utilizando la plataforma Java Enterprise Edition. Se encuentra alojado en el servidor de aplicaciones, al cual brinda una serie de servicios.

Control Core utiliza una clase Servlet, lo que lo habilita para el manejo de peticiones y respuestas (requests/responses) HTTP.

El subsistema Control Core interactúa de forma directa con DomolutionDB. Esta habilidad le permite brindar soporte a los subsistemas Domolution Mobile y Mobile Link, quienes por medio de peticiones HTTP solicitan información específica y obtienen determinadas respuestas por parte de Control Core.

La figura 4-5 ilustra esta interacción.



### Figura 4-5: Esquema de petición/respuesta de Control Core

Fuente: Autor

Control Core brinda una serie de servicios al servidor de aplicaciones, entre las cuales se destacan:

- Autenticación de usuarios del sistema Domolution Mobile
- Notificación de casas relacionadas a un determinado usuario
- Notificación de categorías de una determinada casa
- Notificación de dispositivos de una determinada categoría
- Validación de peticiones de control

#### 4.3.3. Domolution Web

Domolution Web es un sistema de administración desarrollado utilizando la plataforma Java Enterprise Edition, los frameworks Struts y Hibernate.

No tiene sentido que a un usuario residente en la casa le sea permitido realizar labores como por ejemplo creación o eliminación de un dispositivo electrónico. En Domolution Web se describe el concepto de tipos de usuario, y separa su funcionamiento según dos tipos de usuarios definidos – no debe confundirse tipo de usuario con privilegio de usuario. Los privilegios de usuarios son descritos en el modelo semántico del apartado 4.3.3.

El técnico que se desplaza a la casa y realiza las conexiones “físicas” de los dispositivos es uno de los dos tipos de usuarios del sistema.

Para el usuario *técnico*, Domolution Web brinda las siguientes funcionalidades:

- Creación, modificación y eliminación de casas en el sistema
- Creación, modificación y eliminación de dispositivos electrónicos en el sistema. En este proceso el técnico no invierte esfuerzos en categorizar los dispositivos electrónicos, los cuales son almacenados en la categoría por defecto “Otros”, como se describe en 4.2.1 Codificación de categorías
- Creación, modificación y eliminación de usuarios privilegiados y comunes
- Creación, modificación y eliminación de categorías (aunque no es su labor)

Para el usuario **residente de la casa**, Domolution Web brinda las siguientes funcionalidades (únicamente a *usuarios privilegiados*):

- Creación, modificación y eliminación de usuarios. La modificación incluye cambio de privilegios de usuario.
- Creación, modificación y eliminación de categorías. La modificación se limita al cambio de nombre.
- Asociación de dispositivos y categorías. Incluye la reubicación de dispositivos diferentes categorías.
- Modificar dispositivos. Incluye cambio de nombre y ubicación de categoría

Para *usuarios residentes comunes*, Domolution Web proporcionaría información sobre la jerarquía de categorías definida y los dispositivos contenidos en ella.

Al acceder a Domolution Web, al usuario tipo **residente** se le listan las casas asociadas al mismo, mientras que al usuario **técnico** le son listadas todas las casas que la empresa le haya asignado en su labor. De esta manera el usuario sólo puede controlar casas asociadas a él.

#### 4.3.4. Domolution Mobile

Domolution Mobile es un sistema de interacción remota desarrollado en la plataforma Java Micro Edition. Este sistema se instala en los dispositivos móviles de los usuarios.

El entorno gráfico de usuario está basado en la librería gráfica LWUIT, lo que le permite una apariencia uniforme en diferentes dispositivos aún de diversas marcas y modelos.

Permite al usuario monitorear e interactuar con los dispositivos electrónicos controlables instalados en las diferentes casas asociadas al usuario aún a grandes distancias.

Domolution Mobile está orientado a la conexión. Permite conexiones a internet de dos formas:

- Por medio de una red inalámbrica de área local WLAN como WiFi, para luego conectarse a una red de mayor alcance provista por el respectivo ISP<sup>11</sup>.
- Por medio de la red inalámbrica de área amplia WWAN, ofrecida por los operadores celulares.

Cualquiera que sea el tipo de conexión seleccionado, su comportamiento es transparente al usuario, el cual utiliza la aplicación móvil de la misma manera.

Por medio de estas conexiones a internet, Domolution Mobile realiza peticiones HTTP a Control Core y obtiene respuestas que permiten construir una estructura de navegación basada en los códigos de categorías descritos en el apartado 4.2.1. Codificación de categorías.

---

<sup>11</sup> Internet Service Provider o Proveedor de Servicios de Internet.

El sistema Domolution Mobile se conecta con el sistema Mobile Link a través de la red inalámbrica de área amplia WWAN del operador celular, utilizando el Servicio de Mensajes Cortos (SMS).

En esta conexión se transmiten las peticiones de control de dispositivos generadas por el usuario, y obtiene una respuesta informando el resultado de la petición.

La razón de que la comunicación entre Domolution Mobile y Mobile Link se realiza a través de mensajes SMS está sustentada en el siguiente razonamiento:

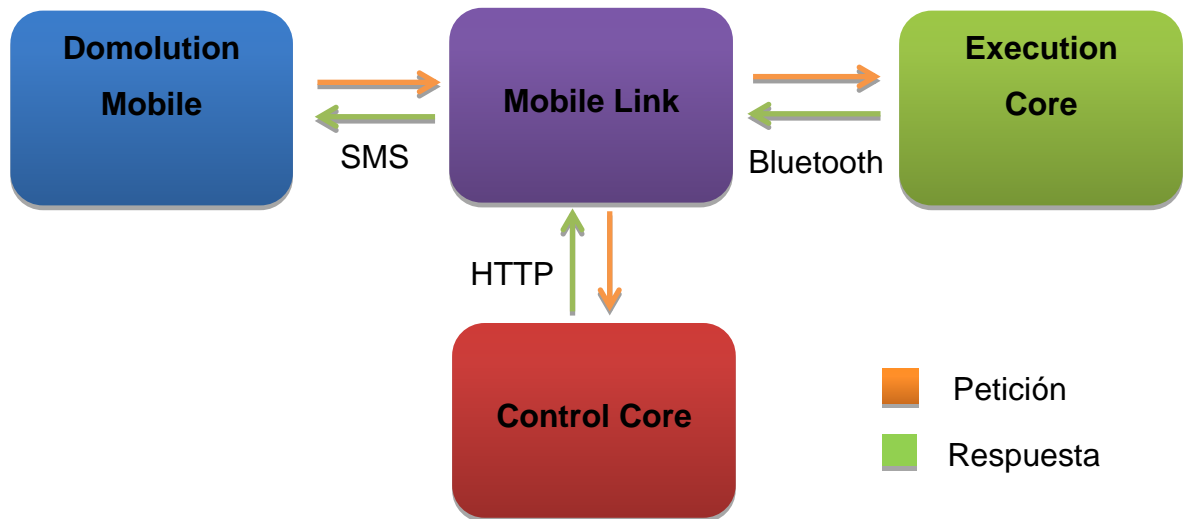
El sistema Mobile Link se encuentra alojado en un dispositivo móvil que reside en la casa. Aunque se puede lograr que este dispositivo se conecte a la red inalámbrica de área local, generalmente le sería asignada una dirección IP dinámica cambiante cada vez que se entable la conexión, lo cual impediría la comunicación entre Mobile Link y Domolution Mobile, además de los comunes filtros y firewalls que pueden impedir que los mensajes lleguen correctamente a su destino; este tipo de asignaciones IP son típicas de los proveedores de internet. Se podría haber registrado un dominio y utilizar un servicio de DNS dinámico, pero si se considera que el sistema Domolution puede ser implementado masivamente, la repetición de este proceso se tornaría tediosa.

Al utilizar mensajería SMS, es el proveedor celular es quien se encarga de que el mensaje llegue a su destino sin estos inconvenientes.

#### **4.3.5. Mobile Link**

El sistema Mobile Link es un sistema puente que ejecuta una de una serie de procesos para que la petición del usuario sea ejecutada. Mobile Link se encuentra alojado en el dispositivo móvil que reside en la casa, y está desarrollado en la plataforma Java Micro Edition.

Al igual que Domolution Mobile, este subsistema está orientado a la conexión basada en el modelo cliente-servidor. La figura 4-6 muestra la interacción de Mobile Link con otros subsistemas.

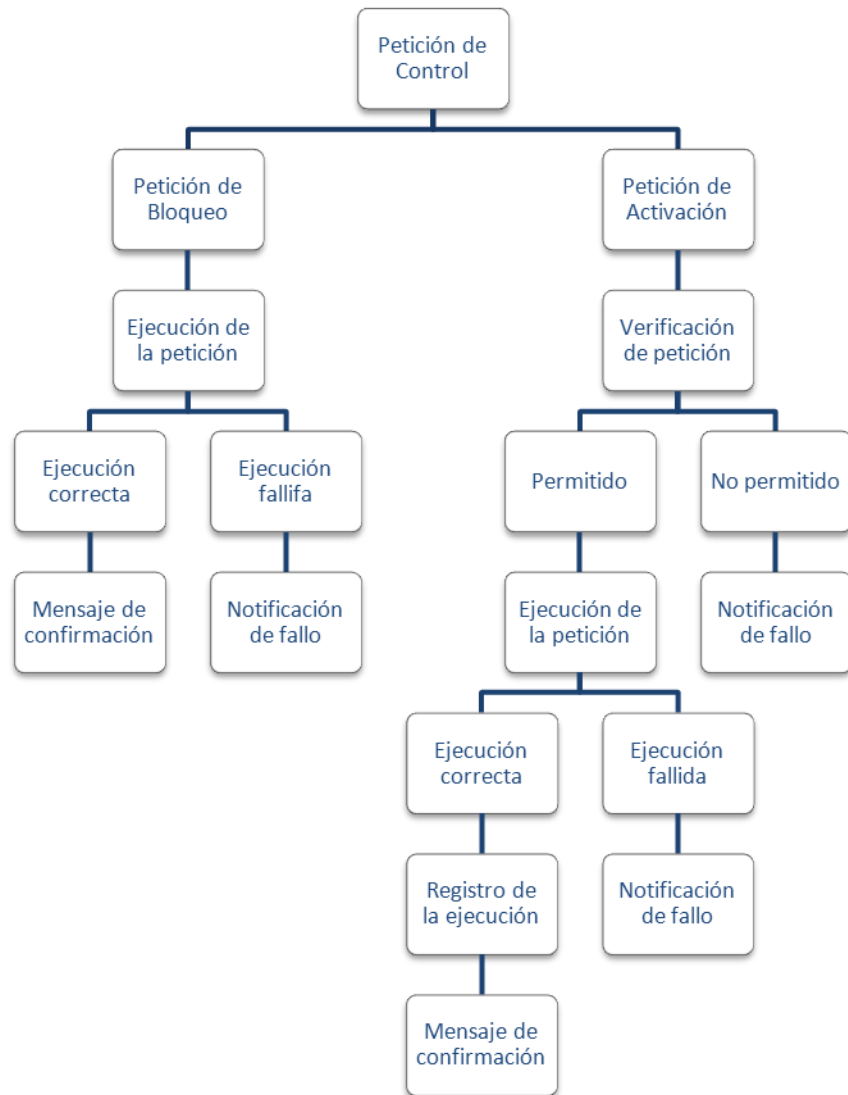


**Figura 4-6: Interacción de Mobile Link con otros subsistemas**

Fuente: Autor

Por un lado utiliza el servicio de mensajes cortos SMS por medio de la red WWAN del operador celular. Esto le permite recibir mensajes SMS enviados por Domolution Mobile con las peticiones de control generadas por el usuario.

Al recibir una petición de control, esta es fraccionada e interpretada, lo que permite a Mobile Link tomar decisiones acorde al siguiente diagrama.



**Figura 4-7: Ejecución de peticiones por parte de Mobile Link**

Fuente: Autor

#### 4.3.5.1. Petición de bloqueo

Si la petición de acción es una petición de bloqueo (bloquear/desbloquear), se transmite la petición a Control Core, quien procede a ejecutar la acción y finalmente retorna la respectiva notificación de acción. La ejecución de bloqueo o

desbloqueo consiste en modificar el registro del dispositivo en la base de datos, pero como tal no requiere ningún cambio “físico”.

En este proceso de ejecución de acción, Mobile Link establece una comunicación HTTP con Control Core basada en el modelo cliente-servidor. Esta comunicación requiere que Mobile Link transmita datos por internet, bien sea a través de una conexión de área local o a través de la red de área amplia ofrecida por el operador celular. El proceso de conexión a internet es igual al descrito en el apartado 4.3.4. Domolution Mobile.

La notificación recibida (correcta o fallida) de Control Core es retransmitida a Domolution Mobile a través de un mensaje SMS.

#### **4.3.5.2. Petición de activación**

Si por el contrario la petición es de activación (activar/desactivar), se realiza una verificación de la petición utilizando el proceso de verificación de tercero (Third-Party Verification), el cual se describirá en una sección posterior.

La transmisión de datos en el proceso de verificación de petición es igual a la descrita anteriormente.

Si luego de la verificación la petición de la acción no es permitida, Mobile Link envía de regreso un mensaje SMS notificando que no fue posible realizar la acción.

En caso de que la verificación de la petición permita que esta sea ejecutada, otro tipo de comunicación entra en juego.

#### **4.3.5.3. Ejecución de la petición de activación**

Cuando se ha definido que una petición de activación puede ser ejecutada, Mobile Link implementa nuevamente el modelo cliente-servidor, pero esta vez utilizando una red de área personal (WPAN) típica de la tecnología Bluetooth. En esta implementación se utilizó un esquema de agrupación de dispositivos piconet con conexión punto a punto, pero el diseño desarrollado permite conexión multipunto mientras se cumplan ciertos requerimientos.

Para ejecutar la petición, Mobile Link envía un mensaje de petición Bluetooth a Execution Core, quien se encarga de interpretarlo y ejecutar la acción. Una vez ejecutada, o fallida, Execution Core envía la correspondiente respuesta contenida en un mensaje Bluetooth, mensaje que es procesado por Mobile Link.

Si el mensaje Bluetooth recibido notifica un fallo en la ejecución, Mobile Link envía una notificación de fallo a Domolution Mobile por medio de un mensaje SMS, cerrando el ciclo cliente-servidor entablado por este par de sistemas al inicio.

En caso de que el mensaje Bluetooth recibido confirme la ejecución de la acción, se procede a su registro. Para esto, Mobile Link y Control Core vuelven a asumir los papeles de cliente y servidor, respectivamente. Mobile Link pide que se haga el registro, Control Core hace el registro, o falla en el intento, y retorna mensaje.

Cualquiera que sea el mensaje recibido, Mobile Link envía un mensaje SMS a Domolution Mobile informando el resultado de la petición.

Como pudo apreciar el lector, el subsistema Mobile Link transmite peticiones y obtiene respuestas por medio de tres tecnologías de comunicaciones: mensajes SMS, mensajes HTTP y mensajes Bluetooth. También se destaca que estos procesos requieren de diferentes tipos de redes según su cobertura: WPAN, para

conexiones Bluetooth; WLAN, para conexiones a internet y WWAN para conexión a internet y/o mensajería SMS utilizando la red del operador celular.

Debido a las diversas formas de conexión, y los procesos que las involucran, Mobile Link es uno de los subsistemas más complejos del sistema Domolution.

#### **4.3.5.4. Problema de la Firma Digital**

Un certificado digital es un documento digital mediante el cual un tercero confiable (entidad certificadora) garantiza la vinculación entre un sujeto y la entidad. Al adquirir esta vinculación se generan dos llaves digitales, una privada y una pública; esta última se utiliza para firmar las aplicaciones.

Al firmar una aplicación, se garantiza que dicha aplicación es segura, que no causa daños al equipo ni filtra información a personas malintencionadas.

Al momento de instalar y ejecutar una aplicación móvil, los equipos móviles de las diferentes marcas realizan una inspección de la aplicación para ver si esta cuenta con un certificado digital creado por una de las entidades certificadoras almacenadas en el dispositivo.

Si la aplicación se encuentre firmada por una entidad no reconocida, el dispositivo móvil le informa al usuario que no es seguro la ejecución de la aplicación.

Si el usuario decide hacer caso omiso y ejecutar la aplicación, el dispositivo móvil le informará al usuario cada vez que la aplicación intente utilizar recursos que puedan generar cobro al usuario o filtrar información. Tal es el caso de conexiones a internet, mensajería SMS y conexiones Bluetooth.

Tanto Domolution Mobile como Mobile Link se encuentran firmadas por una entidad certificadora virtual, obviamente no reconocida por ninguna marca de

dispositivos móviles, lo cual hace que este informe al usuario constantemente sobre la utilización de recursos por parte de estas aplicaciones.

El panorama es incómodo pero no crítico en la aplicación Domolution Mobile, pero en el caso de Mobile Link, que no cuenta con un usuario atento todo el tiempo, estos mensajes hacen imposible el uso correcto del sistema Domolution.

En Colombia las entidades autorizadas para generar certificados digitales son Sociedad Cameral de Certificación Digital Certicámara y GSE Gestión de Seguridad Electronica.

A la fecha, un certificado digital emitido por Certicámara tiene un costo de \$800.000 pesos colombianos más IVA, por una vigencia de 12 meses.

Para este trabajo de grado, en el cual se construye un prototipo, se ha decidido no abordar este problema, pero cuando Domolution llegue a ser una aplicación comercial, se hará necesario adquirir un certificado digital en alguna entidad certificadora.

#### **4.3.6. Execution Core**

El sistema Execution Core es el encargado de ejecutar finalmente las órdenes de activación sobre los dispositivos electrónicos simulados.

Desde su diseño, se definió que Execution Core debía ser una herramienta de escritorio, pero en su proceso de maduración migró de plataforma a plataforma.

En sus inicios, los primeros prototipos se desarrollaron en la plataforma JME, lo que facilitaba las pruebas de comunicación entre Mobile Link y Execution Core durante el desarrollo de los módulos de mensajería Bluetooth.

Un tiempo después se requería que Domolution Mobile y Mobile Link, quienes para ese entonces se encontraban en versiones relativamente estables, fueran implantados en dispositivos reales para pruebas de comunicación utilizando los diferentes tipos de transmisión de datos. Fue entonces cuando el autor nota que no había forma directa de comunicar una aplicación JME alojada en un dispositivo móvil con otra aplicación JME alojada en un emulador del NetBeans Mobility Pack.

Investigaciones pertinentes denotaron que la inclusión de la librería Bluecove en un proyecto JSE permitía esta comunicación, pero con un sacrificio inherente: Las librerías Bluetooth definidas en **Error! Reference source not found.** podían interactuar con el hardware Bluetooth de la computadora, lo que supone que en adelante las pruebas debían realizarse con dispositivos reales limitando considerablemente la posibilidad de hacer pruebas simuladas.

Versiones posteriores mostraban un sistema Domolution más completo, con lo que se procedió al desarrollo de la maqueta simulada de la casa.

Para lograr una apariencia atractiva y bien elaborada de la maqueta, Execution Core migra ahora a la plataforma JavaFX, lo que permitió animar la maqueta construida con la ayuda de la aplicación Autodesk Homestyler. En esta versión se implementa la clase que simula el micro controlador que permite ejecutar las acciones sobre los dispositivos, logrando ahora que las peticiones generadas puedan ser visualizadas en un entorno amigable.

Las adaptaciones realizadas al sistema Execution Core a lo largo de su desarrollo fueron posibles gracias a que el diseño de las clases implementa el patrón modelo-vista-controlador obteniendo una clara separación entre la vista y el controlador (el modelo se maneja desde Control Core). Gracias a esto, la vista era modificada mientras que los paquetes de control permanecían inalterados.

#### 4.4. Verificación de tercero

Como se ha comentado en apartados anteriores, una vez que Mobile Link recibe una petición enviada por Domolution Mobile, examina el mensaje y realiza una verificación. Esta verificación permite evaluar si la petición puede ser ejecutada o no.

La verificación implementada en este trabajo sigue el modelo de servicio llamado **Third-Party Verification**, en adelante referido como **TPV**, el cual consiste en que un primer integrante solicita una petición a un segundo integrante, el cual consulta a un tercero, que conoce a los dos primeros, pidiendo verificar la identidad del primer integrante y sus privilegios asociados a la presente petición.

En este contexto el primer integrante sería el sistema Domolution Mobile, el segundo integrante Mobile Link y el tercer integrante Control Core. La verificación se realiza de forma similar basada en los siguientes 4 pasos:

1. Verifica si el dispositivo requerido existe.
2. Verifica si el dispositivo se encuentra bloqueado a los usuarios comunes.
3. Verifica si el estado de activación actual del dispositivo es el mismo que el deseado.
4. Verifica si el usuario posee los privilegios requeridos para manipular dicho dispositivo.

Si alguno de los 4 pasos falla, el sistema Control Core retorna un mensaje a Mobile Link informando cual paso falló. Este mensaje es retransmitido a Domolution Mobile, donde finalmente se muestra el mensaje al usuario.

Con el fin de evitar transmisiones innecesarias, estos cuatro pasos definidos en este proceso TPV son realizados internamente en el subsistema Domolution Mobile en el momento en que el usuario genera la solicitud, aunque este proceso sería una verificación normal en lugar de una TPV.

Si la solicitud generada supera las cuatro verificaciones en Domolution Mobile, es Mobile Link quien la pone a prueba nuevamente en el proceso TPV dado que los siguientes escenarios alternos a las cuatro verificaciones pueden existir:

1. El dispositivo que el usuario desea manipular fue eliminado mientras el usuario generaba y transmitía la petición.
2. El dispositivo fue bloqueado mientras el usuario generaba y transmitía la petición.
3. El estado de activación dispositivo pudo haber sido modificado por un segundo usuario mientras el primero generaba y transmitía la petición.
4. Los privilegios del usuario pueden haber sido modificados mientras este generaba y transmitía la petición.

Si se superan las cuatro verificaciones se dice que la solicitud puede ser ejecutada, y es entonces transmitida desde Mobile Link hacia Execution Core, como se describe en apartados anteriores.

#### **4.5. Protocolo de comunicaciones**

Como se ha venido describiendo, el sistema Domolution cuenta de un número de subsistemas separados físicamente, con capacidad de transmisión de mensajes por una determinada red. En este apartado se describirá la estructura de los mensajes de acción que estos subsistemas utilizan para entenderse.

El protocolo implementado en Domolution fue diseñado para proporcionar una estructura en el diálogo entre dos sistemas con el fin de que ambos pudieran entenderse correctamente.

Los mensajes de petición presentan el siguiente formato:



**Figura 4-8: Estructura de los mensajes de petición**

Fuente: Autor

La etiqueta DeviceCode contiene el código del dispositivo sobre el cual se desea realizar la acción.

La etiqueta ActionCode contiene el código de la acción deseada. Los códigos de acción se muestran en la siguiente tabla.

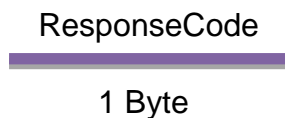
Código de acción	Nombre de la acción
<b>00</b>	Apagar dispositivo
<b>01</b>	Encender dispositivo
<b>10</b>	Desbloquear dispositivo
<b>11</b>	Bloquear dispositivo

**Tabla 4-4: Códigos de acción**

Fuente: Autor

La etiqueta UserID contiene el número de identificación del usuario que genera la petición de la acción.

Los mensajes de respuesta se componen de un número de confirmación, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 4-9: Estructura de los mensajes de respuesta**

Fuente: Autor

En la siguiente tabla se muestran los mensajes de respuesta transmitidos por los subsistemas.

<b>Código</b>	<b>Descripción corta</b>	<b>Descripción extensa</b>
0	Dispositivo no encontrado	El dispositivo no fue encontrado en la base de datos
1	Dispositivo bloqueado	El dispositivo se encuentra bloqueado, por lo tanto ningún cambio puede ser realizado.
2	Mismo estado	El estado del dispositivo es el mismo que el deseado, por lo tanto ningún cambio puede ser realizado.
3	Privilegios insuficientes	El usuario no puede realizar la acción deseada porque no tiene los privilegios de usuario necesarios.
4	Desactivado	El dispositivo ha sido desactivado.
5	Activado	El dispositivo ha sido activado.
6	Desbloqueado	El dispositivo ha sido desbloqueado.
7	Bloqueado	El dispositivo ha sido desbloqueado.
8	Desactivación fallida	El dispositivo no ha sido desactivado debido a problemas de comunicación.
9	Activación fallida	El dispositivo no ha sido activado debido a problemas de comunicación.
10	Desbloqueo fallido	El dispositivo no ha sido desbloqueado debido a problemas de comunicación.
11	Bloqueo fallido	El dispositivo no ha sido bloqueado debido a problemas de comunicación.
12	Error inesperado	Un error inesperado ha ocurrido.

**Tabla 4-5: Mensajes de respuesta**

Fuente: Autor

Los códigos 0, 1, 2 y 3 son utilizados para la verificación de tercero TPV. Los códigos 4 al 11 son utilizados al ejecutar peticiones de activación o bloqueo. El código 12 es utilizado cuando ocurre un error inesperado durante el proceso.

Los códigos de petición/respuesta descritos hasta el momento son utilizados en las transmisiones ocurridas entre los sistemas Domolution Mobile y Mobile Link, y entre Mobile Link y Control Core.

Para las transmisiones efectuadas entre Mobile Link y Execution Core, se utilizan mensajes de petición y respuesta con ligeras modificaciones.

Los mensajes de petición enviados desde Mobile Link hacia Execution Core conservan la misma estructura de mensaje que utilizan los subsistemas anteriores, pero sin la etiqueta UserID. Utilizando únicamente las etiquetas DeviceCode y ActionCode.

Los mensajes de respuesta retornados desde Execution Core hacia Mobile Link, manejan una estructura de afirmación/negación representadas en un tipo booleano. Si la acción representada en el mensaje de petición pudo ser ejecutada, se retorna *true*. En caso contrario *false* es retornado. Este tipo de respuestas generan 1 Byte de envío.

Con esta codificación se transmiten las peticiones de acción sobre los dispositivos electrónicos controlables. Las actualizaciones de estado en la base de datos utilizan consultas SQL y Control Core se encarga de hacerlas por los sistemas móviles. Domolution Web, al estar alojado en el servidor de aplicaciones tiene contacto directo con la base de datos, por lo cual no requiere de esta codificación y maneja su esquema de administración a través de consultas HQL propias del framework Hibernate.

#### 4.6. Comunicaciones entre los subsistemas

En este apartado se muestran los casos en que un subsistema específico requiere comunicarse con un segundo subsistema. En la siguiente tabla se muestran las peticiones y respuestas transmitidas entre los subsistemas.

	Domolution Mobile	Mobile Link	Control Core
Domolution Mobile		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petición de activación / desactivación de dispositivos.</li> <li>• Petición de bloqueo / desbloqueo de dispositivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petición de notificación de categorías.</li> <li>• Petición de notificación de dispositivos.</li> <li>• Petición de notificación de casas asociadas a un determinado usuario.</li> <li>• Petición de autenticación de usuarios.</li> </ul>
Mobile Link	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmación de ejecución de acción.</li> <li>• Negación de acción por disponibilidad.</li> <li>• Negación de acción por falta de privilegios.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petición de verificación de tercero.</li> </ul>
Control Core	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notificación de categorías.</li> <li>• Notificación de notificación de dispositivos.</li> <li>• Notificación de casas asociadas a un determinado usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de la verificación de tercero.</li> </ul>	

**Tabla 4-6: Peticiones y respuestas transmitidas entre subsistemas**

Fuente: Autor

## **4.7. Interfaces gráficas de los subsistemas**

En el presente apartado, se mostrarán las interfaces gráficas de usuario (GUI) de aquellos sistemas que, al presentar interacción directa con el usuario, las requieran.

### **4.7.1. Domolution Web GUI**

Este sistema puede ser accedido por los tres tipos de usuarios existentes: el usuario técnico, quien se encarga de las tareas de instalación y registro; y los dos tipos de usuarios residentes en la casa que son: usuarios privilegiados y usuarios comunes. Para cada uno de ellos, el sitio web les proporciona diferentes funcionalidades.

A continuación se muestran las diferentes secciones de Domolution Web:

#### **4.7.1.1. Inicio de sesión**

En esta pantalla el usuario ingresa su número de identificación de usuario y contraseña. Los campos están validados. Se realiza una verificación de la identidad del usuario que, en caso de ser exitosa, permitirá al usuario acceder al sistema.



Usuario   
Clave

---

Aceptar

Limpiar

---

2010. Todos los derechos reservados ©. Carlos Martinez

**Figura 4-10: Formulario de inicio de sesión**

Fuente: Autor

#### **4.7.1.2. Selección de casas**

En esta pantalla se listan las casas relacionadas con el usuario que ha accedido al sistema. Si el usuario que accede es un técnico, se presentan las casas donde ha trabajado anteriormente.



---

2010. Todos los derechos reservados ©. Carlos Martínez

**Figura 4-11: Panel de selección/creación de casas**

Fuente: Autor

Para todos los usuarios, se presenta una barra de búsqueda en la parte superior del panel de casas. Esta barra es útil si el usuario cuenta con un gran número de casas.

El usuario técnico puede, además, utilizar el botón agregar localizado en la parte inferior para agregar una casa. Al agregar una casa se debe digitar el nombre de la casa y el número del teléfono celular de permanencia en la casa, como se muestra en la figura 4-12.



CASAS

Nombre de la Casa	<input type="text" value="Condominio Ruitoque"/>
Número de Celular	<input type="text" value="3901234567"/>
<input type="button" value="Anterior"/> <input type="button" value="Actualizar"/>	

---

2010. Todos los derechos reservados ©. Carlos Martínez

**Figura 4-12: Creación de una casa**

Fuente: Autor

Así mismo, el usuario técnico puede eliminar una casa presionando el botón de eliminar al lado de esta. El botón rojo de eliminar se puede ver en la figura 4-13.



**Figura 4-13: Casas existentes**

Fuente: Autor

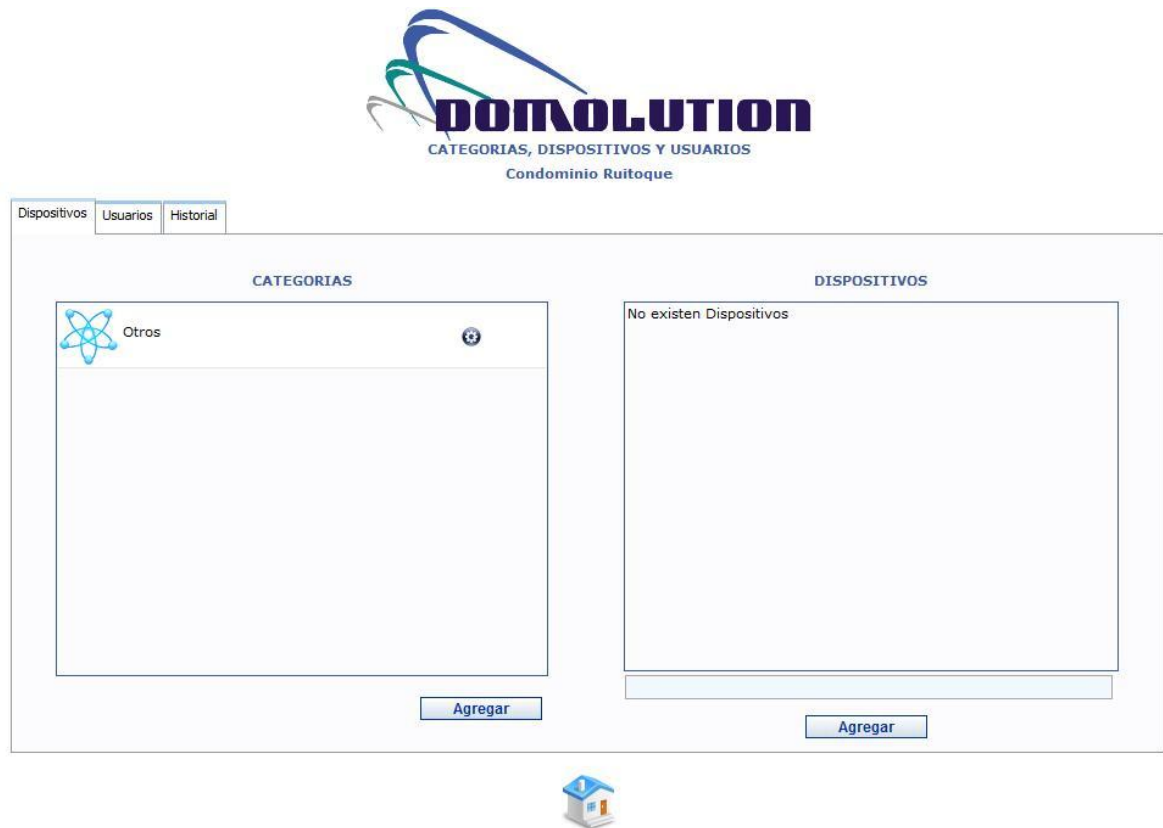
Al seleccionar una casa se evalúan y almacenan los privilegios del usuario sobre esa casa.

#### **4.7.1.3. Panel de pestañas**

En esta ventana se muestra un panel de pestañas con las pestañas “Categorías y dispositivos”, “Usuarios” e “Historial”. Las dos últimas pestañas se explicaran más adelante; por el momento se explica la pestaña “Categorías y dispositivos”.

##### **4.7.1.3.1. Pestaña Categorías y dispositivos**

En esta pestaña se presentan dos paneles. El de la izquierda contiene las categorías de un nivel específico, y el de la derecha contiene los dispositivos de dicho nivel.



**Figura 4-14: Panel de categorías y dispositivos**

Fuente: Autor

## Capa cero

La primera aparición en esta pestaña contiene las categorías de la capa cero a la izquierda. Dado que en la capa cero no se presentan dispositivos, en el panel de la derecha se listan los dispositivos presentes al interior de la categoría "Otros", de modo tal que el usuario recuerde que estos dispositivos no han sido categorizados aún. Sin embargo, el panel de dispositivos de la capa cero brinda una utilidad

adicional: el usuario puede almacenar en la categoría “Otros” aquellos dispositivos de mayor utilidad los cuales, al ser listados en esta primera pantalla, presentan un rápido acceso.

En esta pantalla se le presenta al usuario técnico y al usuario residente privilegiado un campo en la parte baja del panel de categorías, donde este puede digitar el nombre de una categoría y agregarla presionando el botón agregar. Es posible agregar hasta diez categorías en la capa cero, como se explica en el apartado 4.2.1 Codificación de categorías.



**Figura 4-15: Categorías capa cero**

Fuente: Autor

Los usuarios técnico y residente privilegiado pueden, además, utilizar el botón eliminar para eliminar una categoría, siempre y cuando se hayan eliminado o re categorizado los dispositivos asociados a esta categoría. De la misma manera

deben haberse eliminado las subcategorías de esta categoría, y eliminado o re categorizado los dispositivos de estas subcategorías. El usuario técnico puede eliminar o re categorizar dispositivos, mientras que el usuario residente privilegiado sólo podrá re categorizar.

Estos usuarios pueden utilizar el botón modificar para cambiar el nombre de la categoría. La categoría “Otros” no puede ser eliminada.

## Capa uno

Al seleccionar alguna categoría de la capa cero, se es trasladado a la capa uno en la misma pestaña “Categorías y dispositivos”. Aquí se muestran nuevamente los dos paneles, categorías y dispositivos, pero esta vez se muestran las subcategorías y los dispositivos de la categoría previamente seleccionada.



**Figura 4-16: Categorías y dispositivos capa uno**

Fuente: Autor

Al igual que en la capa cero, los usuarios técnico y residente privilegiado podrán utilizar el campo inferior del panel de categorías para editar y crear hasta 10 subcategorías, así mismo como eliminarlas con el botón eliminar o editarlas con el botón editar.

Por otra parte, en esta capa se le presenta al usuario técnico un campo en la parte inferior del panel de dispositivos, el cual podrá digitar el nombre de un dispositivo y registrarlo, originalmente este dispositivo será de tipo "Otros". El usuario técnico podrá además eliminar del registro un dispositivo utilizando el botón eliminar al lado del mismo.

Tanto el usuario técnico como el usuario residente privilegiado podrán editar un dispositivo utilizando el botón editar. Al editar un dispositivo podrán cambiar su nombre, su categoría, el tipo de dispositivo y podrán modificar su estado de bloqueo, más no su estado de activación.

**DOMOLUTION**  
CATEGORIAS, DISPOSITIVOS Y USUARIOS  
Condominio Ruitoque>Luces

**DISPOSITIVOS**

Nombre	Luces Exteriores
Privilegiado	Si
Estado	Desactivado
Bloqueado	No
Tipo de Dispositivo	Luces
Categoría	Luces Electronicos Lampara de la cama Luces Luces Cocina Luces Habitacion Luces Sala Otros Puertas Ventanas

2010. Todos los derechos reservados © Carlos Martinez

**Figura 4-17: Edición de un dispositivo**

Fuente: Autor

## Capa dos

En esta pantalla se presentan las mismas prestaciones mencionadas en pantalla de la capa uno.

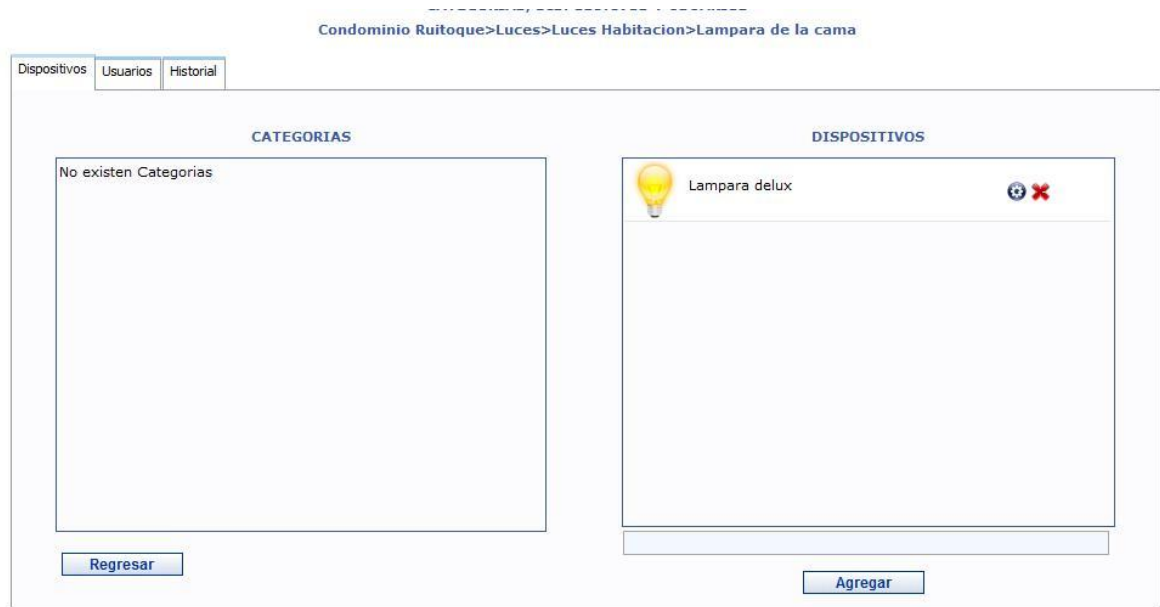


**Figura 4-18: Categorías y dispositivos capa dos**

Fuente: Autor

## Capa extra

En realidad no es una capa más. En esta pantalla se muestran los dispositivos de la subcategoría seleccionada en la capa dos. En esta pantalla se muestran los dos paneles, el panel de dispositivos contiene los dispositivos de la subcategoría seleccionada en la capa dos, mientras que el panel de categorías habrá un letrero informando que no existen categorías.



**Figura 4-19: Dispositivos de capa dos**

Fuente: Autor

En todas las pantallas de la pestaña “Categorías y dispositivos”, el usuario residente común sólo podrá navegar por categorías en calidad de observador.

Se han descrito las pantallas de las capas en el escenario donde el usuario ha creado subcategorías hasta la capa dos, pero esto puede variar si el usuario no decide darle tanta profundidad a sus categorías. Tanto para Domolution Mobile como para Domolution Web, la navegación es variable, se ajusta a la elección del usuario y acepta cualquier combinación.

#### **4.7.1.3.2. Pestaña Usuarios**

En esta pestaña se muestran todos los usuarios asociados a una casa. Los usuarios residentes privilegiados y comunes verán a todos los integrantes residentes de la casa, mientras que el usuario técnico podrá ver a los usuarios residentes y a todos los técnicos asociados a la casa incluyéndole.

Un usuario técnico es asociado a una casa cuando este la crea o cuando desde un sistema externo, no implementado ni mencionado en este trabajo de grado, se le es asignada.

En esta pestaña, tanto los usuarios técnicos como los usuarios residentes privilegiados podrán crear, eliminar y modificar usuarios utilizando los botones correspondientes. Modificar un usuario incluye asignar sus datos personales, así como cambiar sus privilegios.

En esta pestaña, el usuario residente común podrá modificar su propio nombre pero no su privilegio.



**USUARIOS**

Identificación	<input type="text" value="1357"/>
Primer Apellido	<input type="text" value="Herrera"/>
Segundo Apellido	<input type="text" value="Castillo"/>
Nombre	<input type="text" value="Jorge"/>
Clave	<input type="password" value="...."/>
Numero de Celular	<input type="text" value="3909876543"/>
Tipo de Usuario	<input type="text" value="Privilegiado"/>



---

2010. Todos los derechos reservados ©. Carlos Martinez

**Figura 4-20: Agregar un usuario**

Fuente: Autor



**Figura 4-21: Usuarios**

Fuente: Autor

#### 4.7.1.3.3. Pestaña Historial

En esta pestaña todos los usuarios pueden ver el historial de acciones ejecutadas sobre los dispositivos electrónicos de la casa como el cambio de estado de activación y el cambio de estado de bloqueo.

Dispositivos		Usuarios		Historial	
				Fecha Inicial: <input type="text" value="2010/05/01"/> Fecha Final: <input type="text" value="2010/05/11"/>	
<b>Fecha</b>		<b>Dispositivo Modificado</b>			
2010-05-04 16:15:51.0		Lampara Sofa			Carlos Gilberto
2010-05-04 16:16:46.0		Lampara Sofa			Carlos Gilberto
2010-05-06 18:19:44.0		Porton			Carlos Gilberto
2010-05-06 18:19:55.0		Porton			Carlos Gilberto
2010-05-06 18:20:02.0		Porton			Carlos Gilberto
2010-05-06 18:20:09.0		Porton			Carlos Gilberto
2010-05-11 00:18:15.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:18:18.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:20:42.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:20:43.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:21:35.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:22:08.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:22:38.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:23:36.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:25:24.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:27:07.0		Lampara Italiana			aura Isabel
2010-05-11 00:27:29.0		Lampara Italiana			aura Isabel

**Figura 4-22: Historial de eventos**

Fuente: Autor

### 4.7.2. Domolution Mobile GUI

A continuación se ilustran las diferentes pantallas utilizadas al navegar a través del sistema Domolution Mobile según el modelo de capas planteado.

#### 4.7.2.1. Inicio de sesión

En esta pantalla se digita el número de identificación de usuario y la contraseña. El comando *salir* cierra la aplicación, el comando *conectar* inicia la autenticación de usuario y, de ser aceptado, permite iniciar sesión.



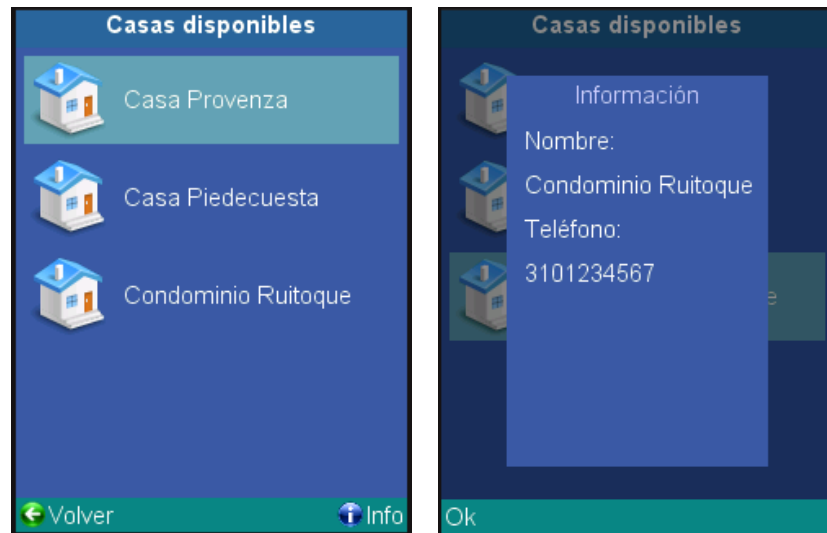
**Figura 4-23: Inicio de sesión Domolution Mobile**

Fuente: Autor

#### **4.7.2.2. Listado de casas**

Una vez el usuario ha sido verificado y sus datos han sido cargados, se procede a consultar las casas asociadas a ese usuario, entonces es mostrada una ventana con el listado de casas.

En esta pantalla está el comando *volver* que permite regresar a la pantalla anterior y el comando *info*, que muestra información de la casa que se encuentre seleccionada. Para acceder a una casa hay que presionar la tecla de acción o tecla central del celular, o en el caso de las pantallas táctiles presionar el ícono de la casa.



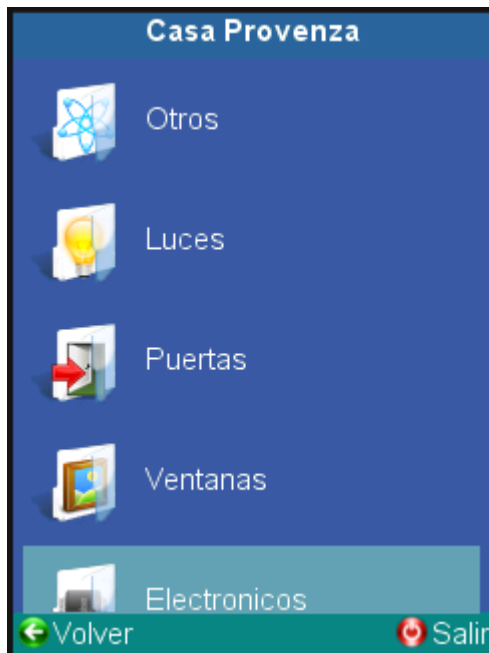
**Figura 4-24: Casas disponibles y propiedades de una casa**

Fuente: Autor

Una vez se seleccione una casa se procede a ingresar y se almacena el privilegio de usuario respecto a esa casa.

### 4.7.2.3. Primera capa

La siguiente pantalla muestra las categorías disponibles en la capa cero, o primera capa, de la casa seleccionada. En la figura se puede apreciar el listado de categorías y el título de la casa seleccionada en la parte superior.



**Figura 4-25: Listado de categorías de la capa cero**

Fuente: Autor

#### **4.7.2.4. Segunda capa**

Una vez seleccionada una categoría, se procede a la pantalla que contiene las subcategoría de esa categoría y los dispositivos asociados a la misma. En la siguiente figura, la categoría seleccionada es Electrónicos, por lo cual se muestran dos subcategorías pertenecientes a esta categoría.



**Figura 4-26: Listado de subcategorías y dispositivos capa uno**

Fuente: Autor

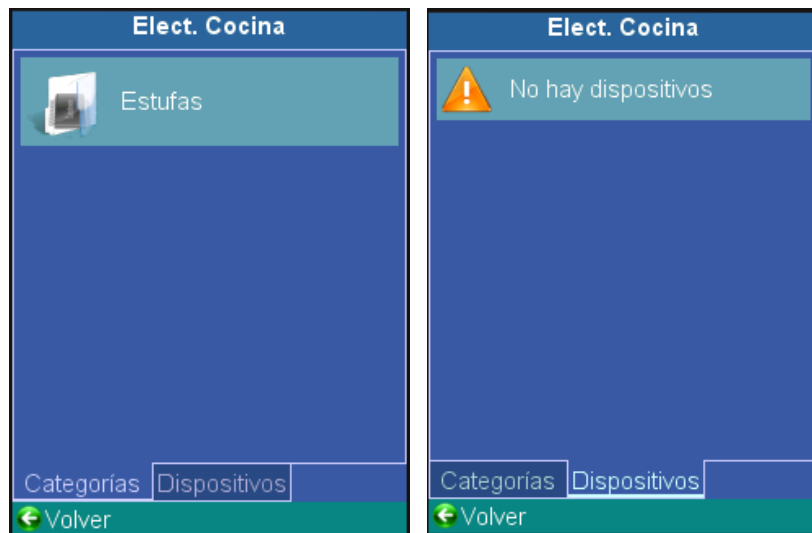
Como se aprecia en la figura anterior, la pantalla tiene un panel de pestañas con dos pestañas. En la pestaña *Categorías* se presentan las subcategorías de la categoría *Electrónicos*. Al cambiar a la pestaña *Dispositivos* se presentan los dispositivos asociados a la categoría *Electrónicos*.

En este ejemplo, el usuario ha asociado dos dispositivos a la categoría *Electrónicos*, el estéreo y la calefacción. El estéreo presenta el ícono de un candado que indica que se encuentra bloqueado, y se le restringe el uso de este dispositivo temporalmente a los usuarios comunes. Además, se puede apreciar el estado de activación de cada dispositivo debajo del nombre.

Se puede ver que al cambiar a la pestaña de dispositivos ha aparecido el comando *Menu*. Este comando contiene una serie de comandos que suelen ser utilizados con los dispositivos. Más adelante se mostrará este menú.

#### 4.7.2.5. Tercera capa

Suponiendo que el usuario regresa a la pestaña *Categorías* y al decide seguir navegando selecciona la categoría “Elect. Cocina”. Se muestra ahora en pantalla las subcategorías de la categoría seleccionada. En este caso sólo existe la subcategoría “Estufas”.



**Figura 4-27: Listado de subcategorías y dispositivos capa dos**

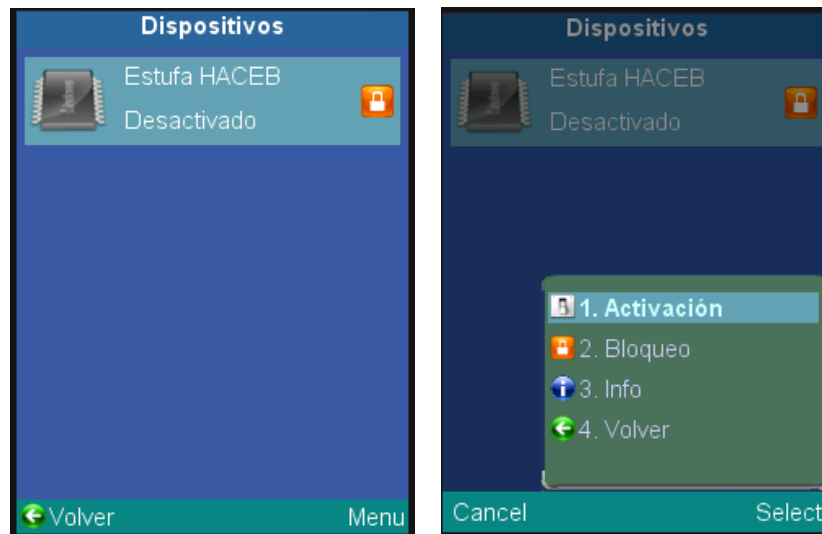
Fuente: Autor

Al cambiar a la pestaña de dispositivos se puede ver que el usuario no ha considerado el asociar un dispositivo a la categoría *Elect. Cocina*, por lo cual se muestra un mensaje indicándolo. Dado que esta alerta no es un dispositivo, el comando *Menu* propio de los dispositivos no aparece.

#### 4.7.2.6. Dispositivos de una categoría de la tercera capa

Al seleccionar la categoría *Estufas* se muestra otra pantalla. Esta pantalla no corresponde a ninguna capa. Su función es mostrar los dispositivos asociados a

la categoría que se acaba de seleccionar. En la siguiente figura se muestra la pantalla con los dispositivos asociados a la categoría “Estufas” y los comandos contenidos dentro del comando *Menu*.



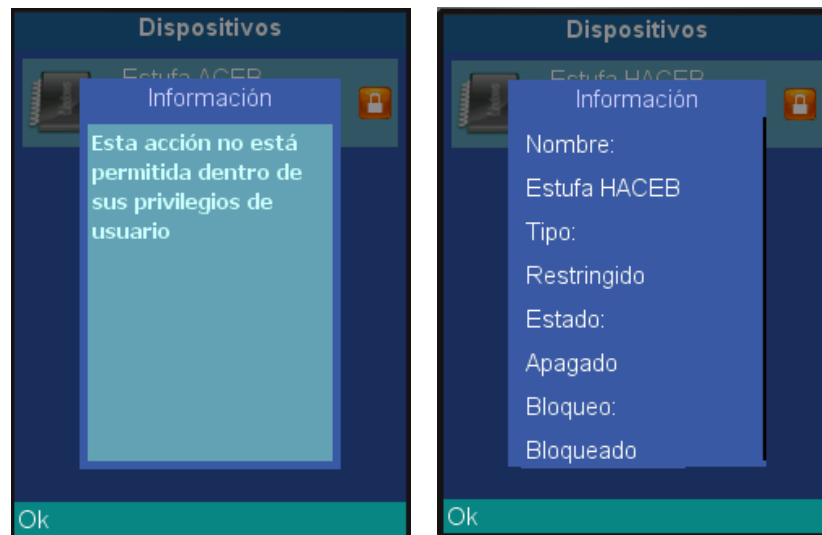
**Figura 4-28: Dispositivos de una categoría de la capa dos**

Fuente: Autor

Los comandos asociados a un dispositivo son: Activación, Bloqueo e Info.

Dado que en este ejemplo el usuario “Persona Visitante” es un usuario común, no tendrá privilegios de cambiar estado de bloqueo de los dispositivos, y dado que este dispositivo en concreto se encuentra bloqueado, tampoco podrá cambiar su estado de bloqueo.

La siguiente figura muestra el mensaje que recibe el usuario al tratar de cambiar alguno de los estados y además muestra el dialogo de información del dispositivo.



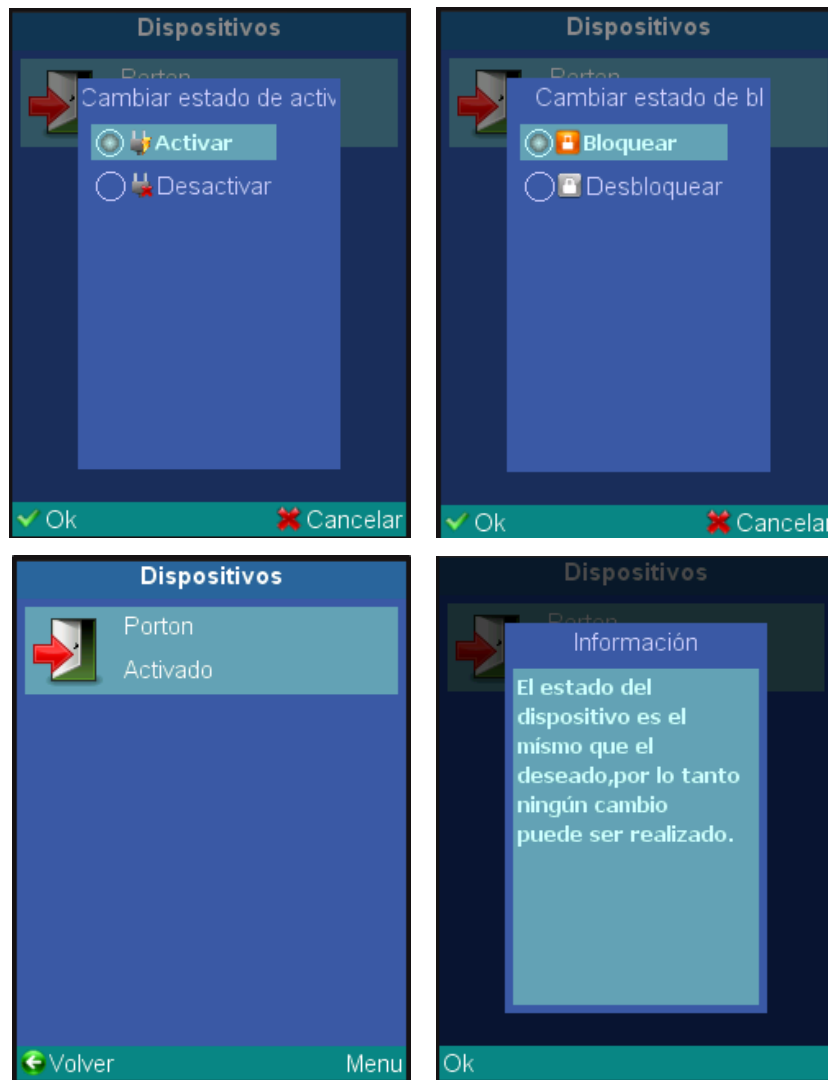
**Figura 4-29: Modificación de estado fallida e información de dispositivo**

Fuente: Autor

#### **4.7.2.7. Modificación de estado de un dispositivo**

Para poder modificar el estado de un dispositivo, se cambiará de usuario por uno con mayores privilegios sobre esa casa.

Esta vez se ha navegado por la rama de categorías “Puertas” y llegado hasta el dispositivo *Portón*.



**Figura 4-30: Dialogo de cambio de estado de activación y bloqueo**

Fuente: Autor

En esta figura se muestran los diálogos de cambio de estado de activación y bloqueo, y el mensaje de información generado dado que el usuario trató de activar el dispositivo que ya se encuentra activado.

Cuando el usuario selecciona un cambio de estado válido, se genera la petición y es enviada a través de SMS, para luego recibir un mensaje que informa el resultado de la petición.



**Figura 4-31: Solicitud de cambio de estado de activación de dispositivo**

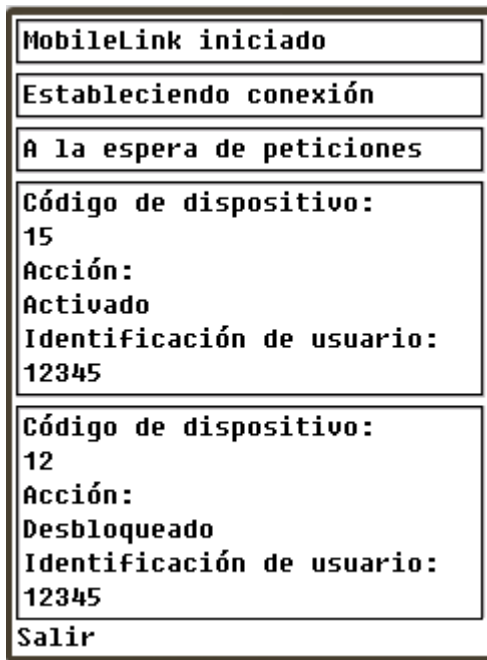
Fuente: Autor

Ocurre de forma similar cuando el usuario genera una petición de cambio de estado de bloqueo de dispositivo.

### 4.7.3. Mobile Link GUI

Esta interfaz muestra el código del dispositivo controlado, la acción realizada y el usuario que realiza la acción por cada acción ejecutada correctamente. Sin embargo, se puede apreciar de mejor manera el historial de eventos utilizando la pestaña “historial” de Domolution Web.

La siguiente figura muestra la interfaz de la aplicación.



**Figura 4-32: Interfaz de Mobile Link**

Fuente: Autor

#### 4.7.4. Execution Core

Como se ha venido comentando, el sistema Execution Core simula el comportamiento de un micro controlador, por medio del cual se envía la señal que finalmente ejecuta la petición de activación/desactivación generada por el usuario. Execution Core, además, brinda una simulación de una casa, en la cual hay dispositivos que cambian de estado a medida que las peticiones son ejecutadas.

Para motivos de ilustración, se han elaborado dos simuladores Execution Core ligeramente diferentes en el lenguaje JavaFX. Estos dos simuladores permiten interactuar con dos casas diferentes.

En la vida real, el usuario puede tener una, dos o más casas domóticas, pero al alcance de este trabajo se considera que dos casas ilustran a totalidad la idea.

Para mantener el correcto estado de los dispositivos de cada casa para un futuro uso, los simuladores ExecutionCoreFX utilizan funciones de lectura y escritura de archivos de texto. Estos archivos deben ser editados correctamente la primera vez que se utiliza la aplicación a modo de registrar el primer estado del dispositivo agregado a la casa, luego de esto el estado del mismo se actualizará automáticamente. Estos archivos de texto simulan las conexiones físicas que realizaría un técnico a la hora de instalar nuevos dispositivos en una casa real. Cada vez que un técnico agrega un dispositivo al sistema, debe registrarlo en este archivo de texto.

Los archivos generados por la aplicación Execution Core se almacenan, en el sistema operativo Windows, en la ruta C:\Users\

Dado que las dos casas difieren un poco, la estructura de los archivos difiere. Los archivos de texto contienen filas y columnas. Cada fila representa un dispositivo de la casa, mientras que cada columna representa datos relacionados al dispositivo. La tabla 4-7 muestra el tipo de dato que representa cada columna.

<b>Casa simulada</b>	<b>Primera columna</b>	<b>Segunda columna</b>	<b>Tercera columna</b>
Primera casa	Código de dispositivo	Estado de dispositivo (1 o 0)	NO APLICA
Segunda casa	Código de dispositivo	Estado de dispositivo (1 o 0)	Tipo de dispositivo (1 a 6)

**Tabla 4-7: Tipos de columnas del archivo de registro de dispositivos**

Fuente: Autor

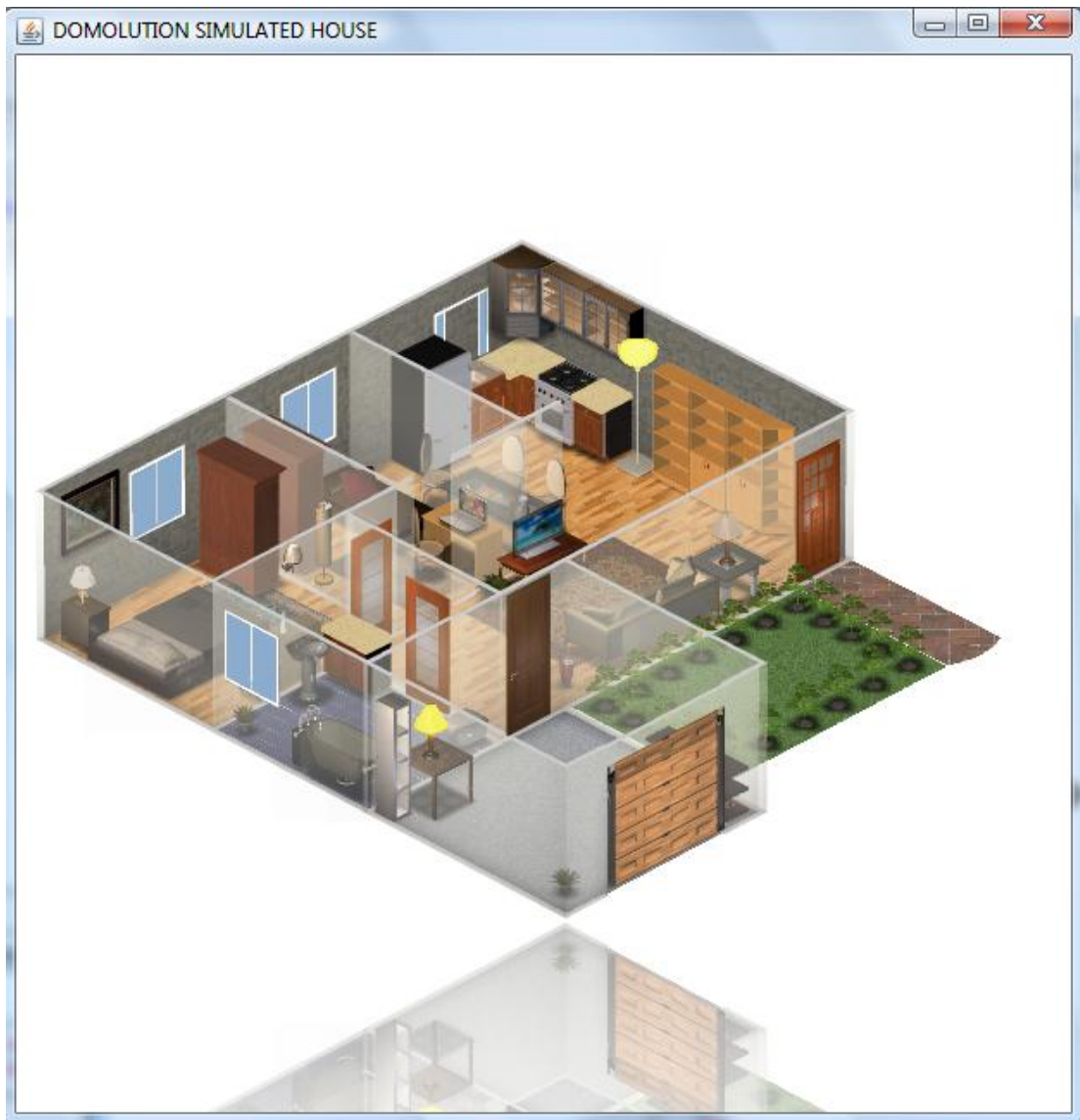
Dado que la primera casa tiene unos dispositivos fijos que de antemano se conoce de qué tipo son, no es requerida la tercera columna en el archivo de registro de dispositivos.

Para agregar un nuevo dispositivo al archivo, en cualquiera de las dos casas, se debe dirigir al final del documento y presionar *enter* para bajar una nueva fila. Luego se digita el código del dispositivo, seguido por una tabulación y luego se digita el estado del dispositivo. En este punto difieren los dos archivos: si el archivo que se está editando es el de la primera casa, se debe presionar *enter* dado que ya no se requieren más columnas. Si por el contrario se está editando el archivo de la segunda casa, se debe dejar una tabulación, ingresar el tipo de dispositivo y luego finalizar con *enter*. Finalmente, el archivo debe ser guardado y se procede a iniciar la aplicación Execution Core, la cual presentará los dispositivos registrados y sus respectivos estados.

La primera casa es un tanto restrictiva, pero presenta un entorno visual relativamente mejor elaborado, dado que se ha hecho énfasis en los pequeños detalles que permiten que los dispositivos se vean naturales en el entorno.

Esto requiere un gran número de imágenes y edición de las mismas, por lo cual sólo se contemplan únicamente 16 dispositivos, y no se agregarán más para su demostración.

En la figura 4-33 se muestra la primera casa simulada con los 16 dispositivos en ella.



**Figura 4-33: Primera casa simulada**

Fuente: Autor

La figura 4-34 muestra la misma casa luego de hacer cambios de estado de activación a algunos dispositivos. Esta simulación permite al usuario trasladar el dispositivo a otros lugares de la casa si así lo desea.

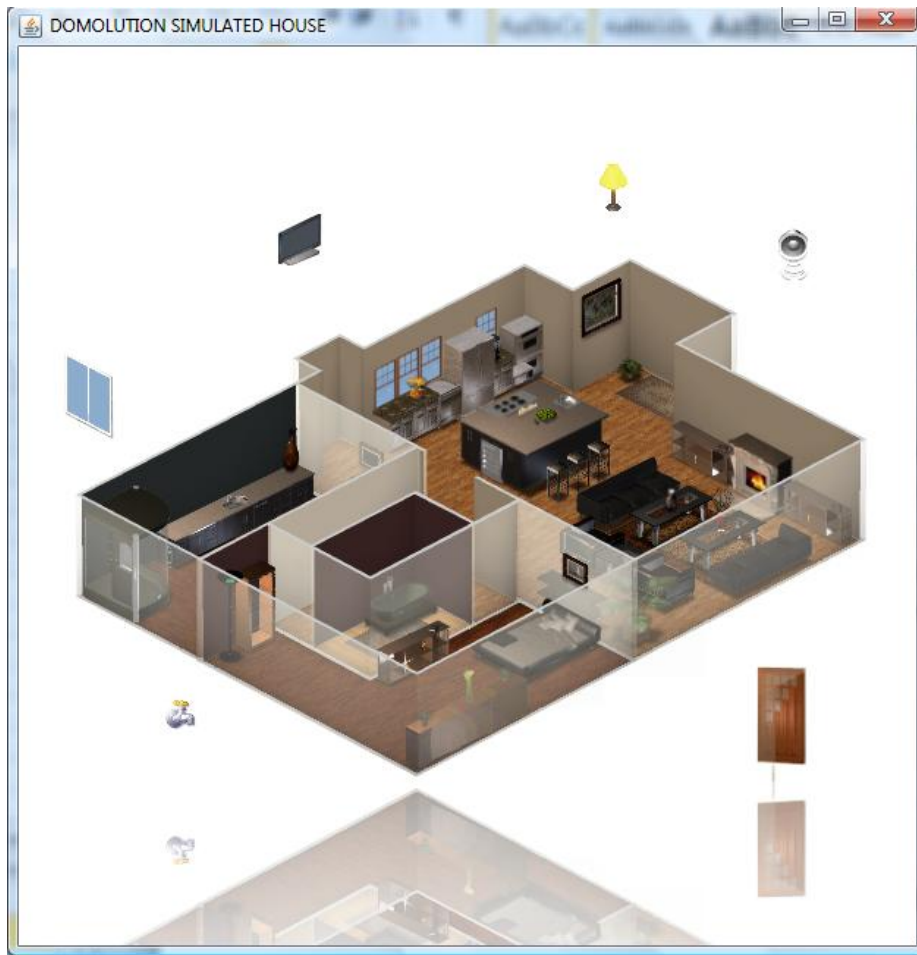


**Figura 4-34: Primera casa simulada luego de algunas acciones ejecutadas**

Fuente: Autor

La segunda casa, como se mencionó anteriormente, presenta una mayor flexibilidad a costa de atractivo visual. Se presenta en la figura 4-35

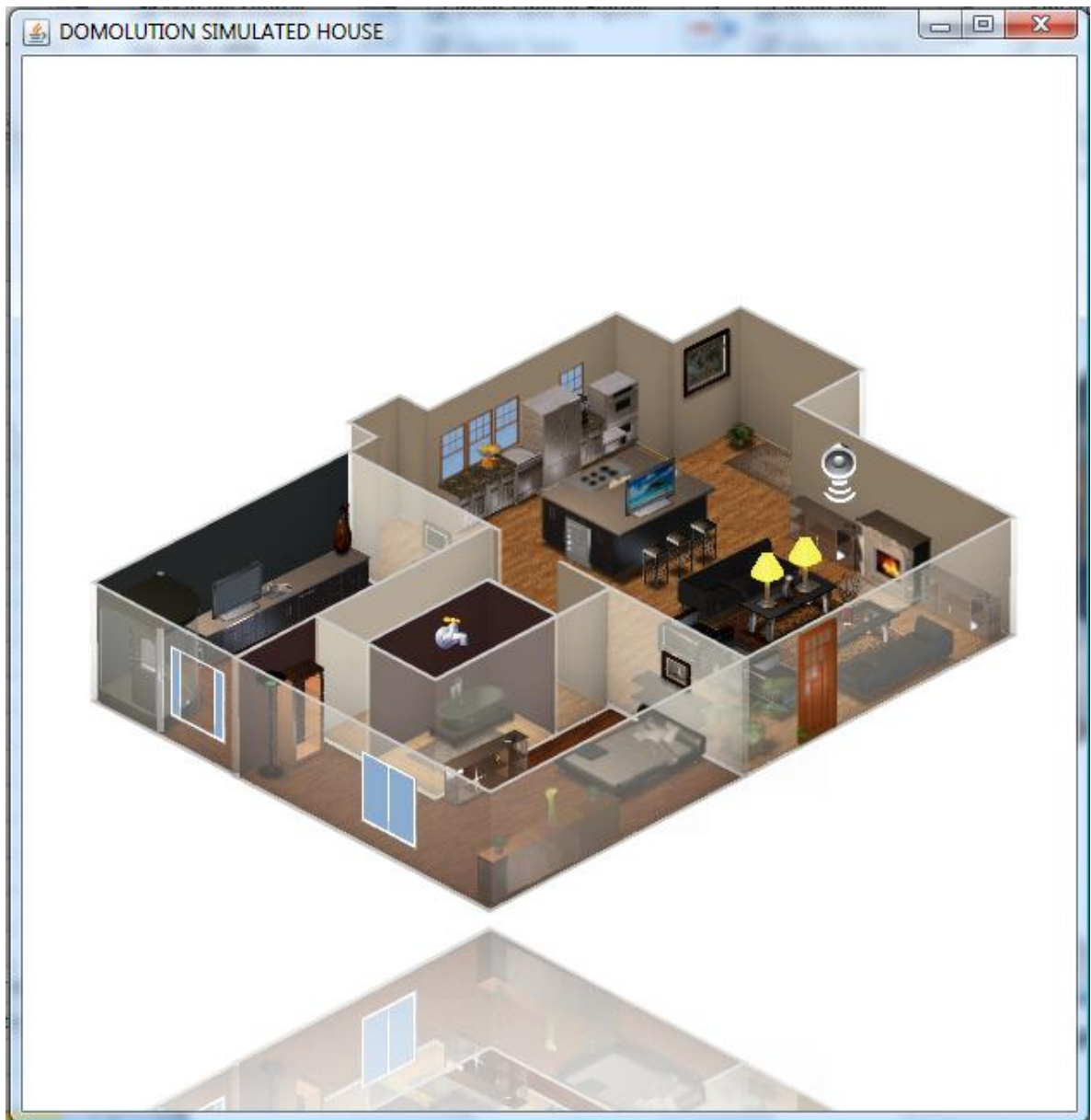
Al ejecutar la aplicación, los dispositivos se localizan en el plano de forma aleatoria. El usuario puede arrastrarlos y colocarlos donde mejor le parezca.



**Figura 4-35: Segunda casa simulada, dispositivos colocados aleatoriamente**

Fuente: Autor

En la figura 4-36 se muestra la misma casa, pero han sido agregados nuevos dispositivos al sistema, y al archivo de texto. Además se ha modificado el estado de algunos dispositivos.



**Figura 4-36: Segunda casa simulada, dispositivos organizados**

Fuente: Autor

## **4.8. Pruebas realizadas al prototipo software Domolution**

### **4.8.1. Pruebas durante el desarrollo**

Como lo requiere la metodología XP, durante el desarrollo de todos los subsistemas se realizaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del código generado y la buena interacción entre los subsistemas. En estas pruebas se puede apreciar la correcta comunicación entre todos los subsistemas, pero se destacan algunos problemas inherentes a las aplicaciones desarrolladas como son problemas temporales en las redes, pérdidas de la señal WiFi, ausencia de saldo en los celulares utilizados, y el problema de la firma digital descrita en el apartado 4.3.5.4., errores propios de la librería LWUIT, entre otras.

Estos problemas deben ser tenidos en cuenta para futuras implementaciones.

### **4.8.2. Pruebas de usabilidad**

Las pruebas de usabilidad buscan la opinión de los usuarios al utilizar la herramienta. Los usuarios opinan sobre la presentación visual de la herramienta, su funcionalidad y amigabilidad.

Estas pruebas fueron realizadas a 10 personas de la unidad de emprendimiento Tecnoparque SENA nodo Bucaramanga, los cuales utilizaron el subsistema Domolution Mobile desde sus teléfonos celulares e interactuaron con los dispositivos de las casas simuladas.

Los usuarios concuerdan en que la herramienta es intuitiva y presenta un entorno gráfico agradable al usuario.

### **4.8.3. Pruebas funcionales**

En las pruebas funcionales se evalúa el comportamiento de los subsistemas e contraste con las especificaciones descritas al inicio del desarrollo. Estas pruebas se basaron en los diagramas de casos de uso y los resultados son favorables.

### **4.8.4. Pruebas de portabilidad**

Dado que los subsistemas son desarrollados utilizando tecnologías Java, es interesante realizar pruebas de portabilidad.

Las aplicaciones Domolution Web y Execution Core fueron probadas en servidores virtuales y reales, y en el servidor de aplicaciones Glassfish y el contenedor de servlets y JSP Apache Tomcat.

Las aplicaciones Domolution Mobile y Mobile Link fueron probadas en diferentes equipos celulares, según los requerimientos de cada aplicación. Se hace necesario hacer pruebas en un mayor número de marcas de dispositivos móviles. Las personas que utilizaron la herramienta Domolution Mobile tenían celulares marca Sony Ericsson de gama media y alta, y el celular donde se ejecutó Mobile Link fue un Sony Ericsson gama media.

## 5. CONCLUSIONES

- Este trabajo de investigación permitió entender el funcionamiento de los sistemas domóticos, y por generalización diferentes sistemas de control, que cada vez toman más fuerza en las iniciativas de preservación de recursos naturales y mejoramiento de la calidad de vida.
- La arquitectura propuesta permite la comunicación eficiente entre las diferentes partes del sistema Domolution. Mezcla un conjunto de tecnologías de comunicaciones y tipos de redes con un fin común: control remoto.
- Aunque el proceso de generar una petición, transmitirla empaquetada en diversos mensajes a través de la arquitectura y obtener una respuesta de confirmación, en un entorno simulado, toma entre 2 y 3 segundos, al implementar el sistema en dispositivos reales y utilizar las redes de comunicación existentes, se percibe un incremento del tiempo considerable, tomando el proceso alrededor de 30 segundos. Esto se debe a las latencias propias de cada red. Se espera que en un futuro, la evolución de las redes inalámbricas permita reducir estos tiempos
- El sistema de ficheros adaptado propuesto permite al usuario construir la jerarquía de categorización de dispositivos electrónicos controlables que mejor se ajuste a sus necesidades, la cual puede modificar posteriormente de forma sencilla.

- La codificación de categorías propuesta permite asignar un código a las diferentes categorías definidas, con el cual se puede relacionarlas entre sí y localizar su posición en un esquema jerárquico fácilmente empleando una sencilla observación.
- El protocolo de comunicaciones diseñado e implementado provee un conjunto de normas y reglas para la construcción de mensajes de petición y respuesta, permitiendo que los diferentes subsistemas se comprendan mutuamente. El diseño de este protocolo permite que los mensajes utilizados tengan el mínimo de Bytes necesarios para una correcta comunicación, optimizando el uso de los recursos asociados a las redes de transmisión.
- Los privilegios de usuario proporcionan un esquema básico pero útil de seguridad y restricción a la hora de interactuar con los diversos dispositivos electrónicos. Por otra parte, los tipos de usuarios permiten delegar labores según la naturaleza del usuario.
- La programación multihilos brinda un esquema de administración de procesos impresionante. Su uso es menester en el marco de desarrollo de un sistema distribuido en el cual se requiere que las partes estén en constante disponibilidad, aun cuando estén procesando peticiones y respuestas. Sin embargo, este enfoque de programación requiere que el desarrollador asegure una consistencia en la sincronización de todos los hilos que interactúen en un proceso específico, lo cual, en un sistema amplio y de comunicación constante, resulta ser una labor rigurosa.
- El proceso de verificación de tercero permite filtrar las peticiones de control del usuario antes de iniciar su transmisión y antes de su ejecución. Esto evita la generación de peticiones innecesarias y la ejecución de peticiones

que puedan afectar la integridad de los datos y el buen funcionamiento de los dispositivos.

- Se pudo apreciar la utilidad del modelo cliente-servidor y su aplicación en diferentes tipos de redes como WPAN, WLAN y WMAN.
- La aplicación móvil (Domolution Mobile) le permite al usuario monitorear fácilmente el estado de los dispositivos electrónicos controlables presentes en cada una de las casas asociadas al mismo, con lo cual el primero puede tomar decisiones prontas y pertinentes sobre el estado de los segundos, y de forma fácil ordenar su modificación sin importar si el usuario se encuentra en movimiento, alejado de la casa o incluso fuera de la ciudad.
- El desarrollo de una aplicación de móvil de usuario utilizando la plataforma de desarrollo Java Micro Edition, permitió su portabilidad en diversos dispositivos móviles, tanto de modestas prestaciones como de prestaciones un poco mayores. Esto refuerza la libertad de elección del usuario quien decide cuál es el dispositivo que mejor se acomode a sus necesidades.
- El desarrollo de la interfaz gráfica de la aplicación Domolution Mobile utilizando la librería LWUIT permitió que esta fuera agradable al usuario, y que su apariencia y usabilidad fueran consistentes entre diversos dispositivos móviles.
- Mediante el uso de struts para la creación de aplicaciones web, el desarrollador puede implementar fácilmente el patrón de diseño modelo-vista-controlador. De esta forma se facilitó la identificación de errores en un diseño ordenado.

- Es posible desarrollar un sistema domótico distribuido utilizando en su totalidad diversas tecnologías Java. De esta forma se facilitó la correcta integración de todos los subsistemas y se obtuvo una impresionante portabilidad de los mismos en diferentes sistemas operativos y plataformas hardware tanto de altas prestaciones (servidores y computadoras), como de prestaciones reducidas (dispositivos móviles), según sea el caso.
- Es cierto que los dispositivos móviles actuales carecen de poder de procesamiento y capacidad de almacenamiento, pero también es cierto que gracias a su capacidad de conexión sus procesos pueden ser delegados a otras partes, como es el caso de Control Core, que libera la carga a estos dispositivos realizando procesos complejos por ellos y finalmente comunicándoles el resultado de los mismos. Esto es posible gracias a los esquemas de comunicación planteados.
- Utilizando los beneficios de las bases de datos relacionales, se logró manejar la persistencia de los datos del sistema Domolution de forma concisa, utilizando el motor de base de datos InnoDB en una base de datos MySQL.
- Lamentablemente, la necesidad de un certificado digital que permita firmar las aplicaciones desarrolladas en JME hace que el sistema Mobile Link requiera interacción humana durante el proceso de control de dispositivos, impidiendo el correcto uso de todo el sistema Domolution.

## 6. RECOMENDACIONES

Domolution es un prototipo de un sistema domótico y como tal hay un sinnúmero de cosas que se le pueden sugerir, limitadas únicamente por la imaginación. Sin embargo, a continuación se presentan algunas que el autor quisiera destacar:

- Domolution debe, indiscutiblemente, poder controlar dispositivos reales en lugar de dispositivos simulados. Para esto se hace necesario una interdisciplinariedad entre estudiantes de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Electrónica y por qué no, hasta estudiantes de Ingeniería Mecánica. Se debe dotar de una infraestructura hardware que conste de dispositivos tales como micro controladores, actuadores, escuchadores, repetidores, entre otros.
- Domolution es un sistema que depende de la correcta interacción de todos sus subsistemas para su correcto funcionamiento. Si alguno de estos subsistemas falla se pueden comprometer funcionalidades cruciales. Se sugiere que en futuras versiones se construya un web service que monitoree el correcto funcionamiento de todos los subsistemas, generando alertas que permitan localizar y solucionar las fallas presentadas.
- La transferencia de peticiones a través de mensajes SMS dota al sistema de una importante capacidad de control a largas distancias, pero si el usuario desea utilizar su aplicativo móvil estando dentro de su casa, esta cualidad pierde un tanto su atractivo. Se sugiere escalar el modelo para de modo que brinde dos modalidades de control: larga o corta distancia. La modalidad de larga distancia transfiere las peticiones de la forma ya implementada, a través de mensajes SMS; mientras que la modalidad de

corta distancia transfiera las peticiones a través de mensajes Bluetooth. Esto supone un considerable ahorro de dinero.

- Actualmente, Domolution deja la seguridad de las transmisiones a cargo de los diferentes protocolos propios de las redes utilizadas, y en los cortafuegos que las complementan. Se sugiere la implementación de esquemas de seguridad propios del sistema domótico tales como la encriptación de mensajes, lo cual requiere un estudio detallado que permita seleccionar el algoritmo de encriptación que mejor se ajuste a las prestaciones de los dispositivos móviles.
- La incorporación de Streaming de video y audio a través de dispositivos móviles le daría un valor agregado enorme al sistema. Aunque actualmente se recibe confirmación de la ejecución de la acción deseada, está en la naturaleza humana conservar ciertas dudas acerca de la confirmación de una acción que no se ha podido ver, y si esta es muy importante, como cerrar la puerta principal por ejemplo, la inquietud del usuario puede crear cierto rechazo al sistema. Tener la posibilidad de ver y oír su casa desde el dispositivo móvil brinda ese valor agregado.
- Indiscutiblemente, este prototipo domótico debe escalar hasta la inclusión de servicios automáticos como por ejemplo el encendido de las luces cuando empieza a caer la noche o el encendido de la calefacción cuando se aproxima la hora de regreso de los habitantes de la casa.
- La adaptación de tecnologías móviles en Colombia crece día a día, por esto, la Universidad Industrial de Santander, la escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la anterior, y el Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIIB) deben motivar y apoyar a los estudiantes en la realización de trabajos de grado que involucren estas tecnologías.

- Los privilegios y tipos de usuarios definidos son restringidos, aunque no por eso dejan de ser útiles. Nuevos tipos de usuarios y privilegios personalizables serían una buena extensión en desarrollos futuros.
- Se recomienda al Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIIB), que en su función de promover la investigación entre los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander brindando para ello los recursos necesarios, adquiera un certificado digital expedido por una entidad certificadora autorizada, el cual quede a disposición de la línea de investigación en dispositivos móviles adscrita al GIIB, de modo que sus integrantes puedan crear aplicaciones que generen impacto en la sociedad, sin tener que preocuparse por los inconvenientes que acarrea la ausencia de la misma.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable, 2007  
Estadísticas de consumo energético en España  
Artículo
- [2] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. Gane confort y seguridad. CEDOM, 2008  
Estadísticas de ahorro energético gracias a sistemas domóticos.  
Artículo
- [3] Plan anticrisis del gobierno de Navarra, Ayudas por instalación de domótica. Julio 29, 2009  
[http://www.cfnavarra.es/prm/web\\_anticrisis/vivienda9.html](http://www.cfnavarra.es/prm/web_anticrisis/vivienda9.html)  
Enlace web
- [4] Henao O.  
Hardware y Software Domótico.  
Universidad Pontificia Bolivariana, 2006  
Estado del arte, historia de la domótica, aplicaciones en países extranjeros.  
Artículo
- [5] Programmable logic controller. (2009, August 11). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 02:24, August 11, 2009, from [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Programmable\\_logic\\_controller&oldid=307284884](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Programmable_logic_controller&oldid=307284884)  
Enlace web

- [6] Actuator. (2009, August 6). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 17:46, August 6, 2009, from <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Actuator&oldid=306439883>  
Enlace web
- [7] Sensor. (2009, August 15). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 08:04, August 15, 2009, from <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensor&oldid=308090336>  
Enlace web
- [8] Domótica-Introducción. Casadomo, el portal del edificio y hogar digital. Julio 29, 2009  
<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14&m=21&idm=21&pat=20&n2=20>  
Enlace web
- [9] Basterretche J.  
Dispositivos Móviles  
Universidad Nacional del Nordeste  
Trabajo de grado
- [10] Operadores de telefonía móvil  
<http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=2404>  
2010  
Enlace web
- [11] Se disminuyen las PQR's, LEVE INCREMENTO DE ABONADOS ACTIVOS REPORTAN OPERADORES CELULARES.  
Octubre de 2009  
Superintendencia de Industria y Comercio

## CONSOLIDADO NÚMERO DE ABONADOS ACTIVOS 2003 – 2008

Documento

- [12] 201.626 NUEVAS LÍNEAS, EN EL PRIMER TRIMESTRE DEL 2010  
Abril 23 de 2009  
Superintendencia de Industria y Comercio  
Documento
- [13] Servicios móviles en Colombia: un panorama de nuevas oportunidades para democratizar el acceso a la información de los ciudadanos.  
Programa Gobierno en Línea, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Noviembre 26 de 2009  
Documento
- [14] Comparación de servicios y precios en PREPAGO, Enero 8 de 2010  
Comunidad Ola | Tigo  
[http://www.comunidad-ola.com/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=47&Itemid=636](http://www.comunidad-ola.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=47&Itemid=636)  
Enlace web
- [15] Prasad R., House A.  
OFDM for Wireless Communications Systems, 2004  
Editorial Artech House  
Capítulo 1  
Libro
- [16] Conozca la banda ancha WWAN  
Toshiba

[http://es.computers.toshiba-europe.com/Contents/Toshiba\\_es/ES/WHITEPAPER/files/2006-09-WWAN-for-business-ES.pdf](http://es.computers.toshiba-europe.com/Contents/Toshiba_es/ES/WHITEPAPER/files/2006-09-WWAN-for-business-ES.pdf)

Documento

- [17] Servicio de mensajes cortos. (2009, 12) de agosto. *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 16:16, agosto 15, 2009 from [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Servicio\\_de\\_mensajes\\_cortos&oldid=28809353](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Servicio_de_mensajes_cortos&oldid=28809353)

Enlace web

- [18] SMS tutorial. Developers Home. Julio 28 de 2009  
<http://www.developershome.com/sms/>

Enlace web

- [19] Hopkins B., Antony R.  
Bluetooth for Java, editorial Apress, 2003  
Capítulos 1 y 2

Libro

- [20] MySQL. (2010, 14) de abril. *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 20:28, abril 23, 2010 from <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=MySQL&oldid=36128513>.

- [21\*\*] NetBeans IDE Support for Java ME Developers

<http://mobility.netbeans.org/>

Enlace web

- [21] Java Platform, Standard Edition. (2010, April 21). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 16:26, April 26, 2010, from

[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Java\\_Platform,\\_Standard\\_Edition&oldid=357382568](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Java_Platform,_Standard_Edition&oldid=357382568)

Enlace web

[22] The Java EE 5

<http://java.sun.com/javaee/5/docs/tutorial/doc/docinfo.html>

Enlace web

[23] Java Servlet Technology

<http://java.sun.com/javaee/5/docs/tutorial/doc/bnafd.html>

Enlace web

[24] Bergsten H.

Java Server Pages, editorial O'REILLY, 2004

Capítulo 1

Libro

[25] Froufe A., Cárdenas P. J2ME Java 2 Micro Edition

Alfaomega, 2004

Capítulos 1-4, 6-14 y 18

Libro

[26] Java ME Technology. Sun Microsystems.

<http://java.sun.com/javame/technology/index.jsp#cldc>, Jun 25, 2009

Enlace Web

[27] Learning the JavaFX Script Programming Language - Tutorial Overview

Sun Developer Network

<http://java.sun.com/javafx/1/tutorials/core/>

Enlace web

- [28] Sarkar B.  
LWUIT 1.1 for Java ME Developers  
Packt Publishing, 2009  
Capítulos 1-11  
Libro
- [29] Gálvez S., Ortega L  
Java a tope: J2ME (Java 2 Micro Edition)  
Universidad de Málaga  
Capítulos 3, 4, 6, 7  
Libro
- [30] Tanenbaum A.  
Redes de computadoras, 4a edición, 2003.  
Editorial Prentice-Hall inc.  
Literal 1.1, uso de las redes de computadora  
Libro
- [31] JSR 82: Java™ APIs for Bluetooth  
Java Community Process  
<http://jcp.org/en/jsr/detail?id=82>  
Enlace web
- [32] JSR 118: Mobile Information Device Profile 2.0  
Java Community Process  
<http://jcp.org/en/jsr/detail?id=118>  
Enlace web

- [33] Wireless Messaging API (WMA) for Java™ 2 Micro Edition, reference implementation. Version 1.0  
Java Community Process, Sun Microsystems  
Libro
- [34] The Generic Connection Framework  
Sun Developer Network  
<http://developers.sun.com/mobility/midp/articles/genericframework/>  
Enlace web
- [35] JSR 197: Generic Connection Framework Optional Package for the J2SE Platform  
Java Community Process  
<http://jcp.org/en/jsr/detail?id=197>  
Enlace web
- [36] Bluecove, Java library for Bluetooth  
<http://code.google.com/p/bluecove/>  
Enlace web
- [37] Apache Struts  
The Apache Software Foundation  
<http://struts.apache.org/>  
Enlace web
- [38] Elliot J.  
Hibernate, A Developer's Notebook  
Editorial O'REILLY, 2004  
Prefacio  
Libro

- [39] Weaver J., Gao W., Chin S., Iverson D.  
Pro JavaFX Platform. Script, Desktop and Mobile RIA with Java™  
Technology  
Editorial Apress, 2009  
Adding Asynchronous Search with the JFXWorker  
Libro
- [40] Joskowicz J.  
Reglas y Prácticas en eXtreme Programming  
Doctorado de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, España
- [41] Gulutzan P.  
MySQL 5.0 Stored Procedures  
MySQL  
Technical White Paper
- [42] Sun Microsystems  
LWUIT Developers Guide, Lightweight UI Toolkit  
Editado por Sun Microsystems, Inc.  
Capítulos 1-12  
Libro
- [43] The Java APIs for Bluetooth Wireless Technology  
Sun Developer network  
<http://developers.sun.com/mobility/midp/articles/bluetooth2/>  
Enlace web
- [44] JSR 120: Wireless Messaging API  
Java Community Process

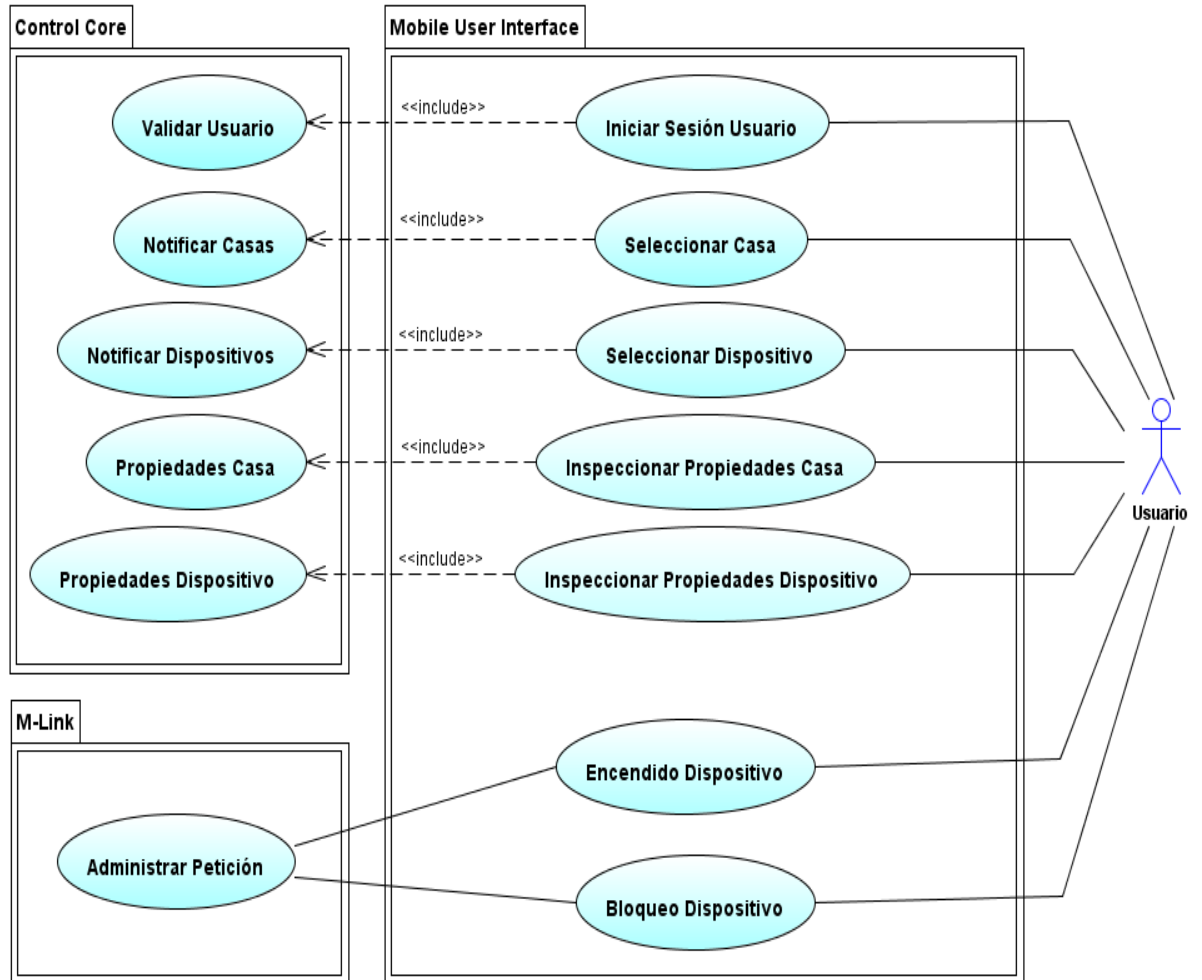
<http://jcp.org/en/jsr/detail?id=120>

Enlace web

- [45] Zhang Y, Zhang S, Vuong S, Malik K  
Mobile Learning with Bluetooth-based E-learning System  
The University of British Columbia  
Artículo
- [46] Ramirez A.  
Subversion  
Sistema de control de versiones  
Documento bajo licencia "Creative Commons Attribution License"  
Artículo
- [47] About Bugzilla  
<http://www.bugzilla.org/about/>  
Enlace web

## Anexo A. DIAGRAMA DE CASOS DE USO

### 1. Domoution Mobile y su relación con otros sistemas



<b>Nombre:</b> Caso de uso 1 - Iniciar Sesión Usuario	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 26/10/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 26/10/2009
<b>Descripción:</b> Permite al usuario iniciar sesión en el sistema	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Control Core	
<b>Precondiciones:</b> Haber inicializado la aplicación Domolution Mobile	
<b>Disparador:</b> Aplicación iniciada	
<b>Flujo normal:</b> 1.1 El usuario coloca su nombre de usuario en el campo respectivo 1.2 El usuario coloca su contraseña en el campo respectivo 1.3 El usuario acciona el comando que permite conectar 1.4 El sistema envía los datos del usuario al sistema Control Core para ser validados 1.5 El sistema recibe una respuesta de validación enviada por el sistema Control Core 1.6 El sistema muestra una alerta indicando que el inicio de sesión se ha realizado con éxito 1.7 El sistema reconoce el tipo de usuario y lo almacena temporalmente	<b>Flujo alternativo:</b>  1.6 El sistema muestra una alerta indicando un error en el nombre de usuario y/o contraseña 1.6.1 El usuario presiona el botón aceptar 1.6.2 El sistema muestra la pantalla de inicio de sesión nuevamente. Regresar a 1.1
<b>Postcondiciones:</b> El usuario ha ingresado al sistema El sistema ha almacenado el tipo de usuario	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 2 - Seleccionar Casa	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 26/10/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 26/10/2009
<b>Descripción:</b> Permite al usuario seleccionar una casa a controlar	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Control Core	
<b>Precondiciones:</b> Iniciar sesión en el sistema	
<b>Disparador:</b> Comando conectar en la pantalla iniciar sesión Comando regresar	
<b>Flujo normal:</b> 2.1 El sistema pide al sistema Control Core el informe de las casas relacionadas con el usuario 2.2 El sistema Control Core regresa la lista pedida 2.3 El sistema muestra en pantalla una lista de casas relacionadas con el usuario 2.4 El usuario selecciona una casa de la lista y presiona el comando "Administrar"	<b>Flujo alternativo:</b>
<b>Postcondiciones:</b> El usuario obtiene acceso al menú de administración para la casa seleccionada	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 3 - Seleccionar Dispositivo	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Permite al usuario seleccionar una dispositivo a controlar	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Control Core	
<b>Precondiciones:</b> Seleccionar Casa	
<b>Disparador:</b> Comando "Administrar" en la pantalla selección de casas Comando regresar luego de una modificación de dispositivos	
<b>Flujo normal:</b> 3.1 El sistema pide al sistema Control Core el informe de los dispositivos pertenecientes a la casa seleccionada 3.2 El sistema Control Core regresa la lista pedida 3.3 El sistema muestra en pantalla una lista de dispositivos relacionados con la casa activa 3.4 El usuario selecciona un dispositivo de la lista y presiona el comando "Modificar"	<b>Flujo alternativo:</b>
<b>Postcondiciones:</b> El usuario obtiene acceso al menú de administración para el dispositivo seleccionado	

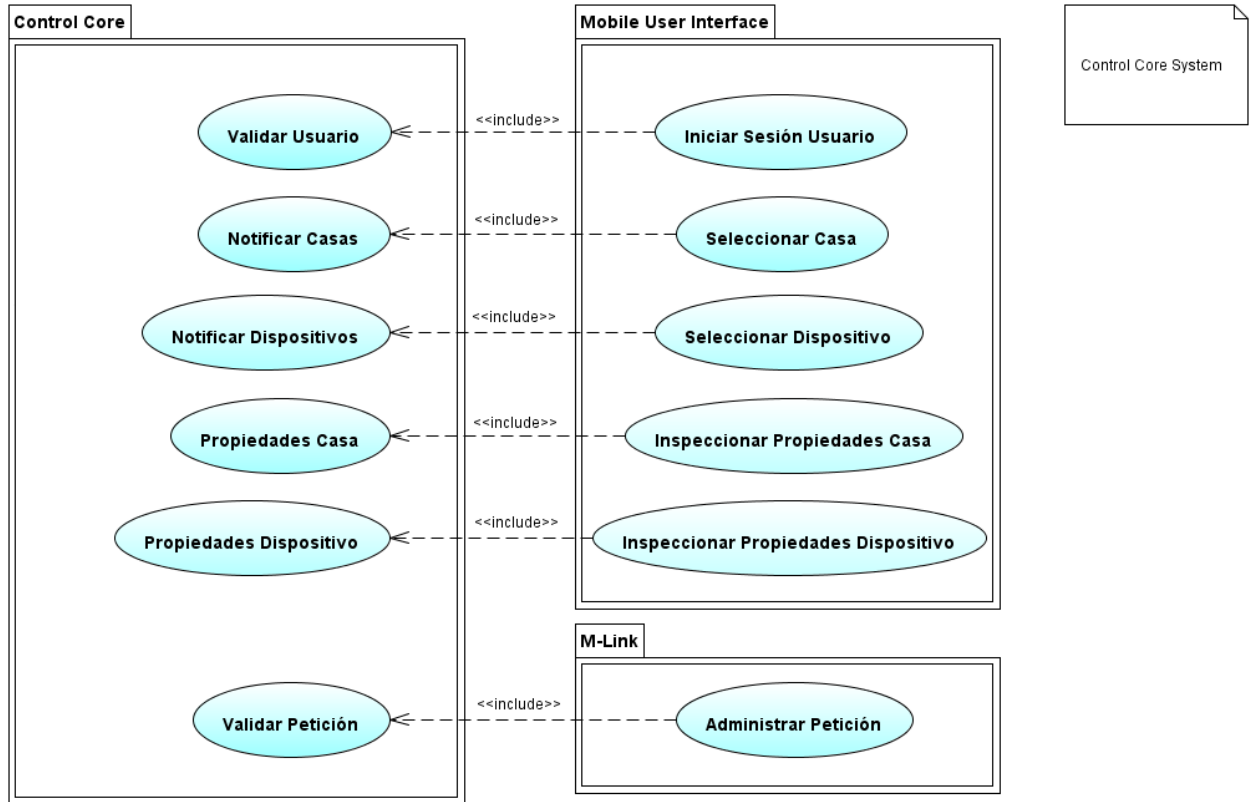
<b>Nombre:</b> Caso de uso 4 - Inspeccionar Propiedades Casa	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 04/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 04/11/2009
<b>Descripción:</b> Muestra las propiedades de una casa en la lista de casas	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Control Core	
<b>Precondiciones:</b> Iniciar sesión en el sistema	
<b>Disparador:</b> Comando propiedades	
<b>Flujo normal:</b> 4.1 El usuario selecciona la opción "propiedades" en el menú 4.2 El sistema envía una petición al sistema Control Core para obtener las propiedades de la casa 4.3 El sistema obtiene una respuesta del sistema Control Core con las propiedades de la casa 4.4 El sistema muestra una pantalla con las propiedades 4.5 El usuario presiona el comando Regresar para volver a la lista de casas 4.6 El sistema muestra nuevamente una lista de las casas disponibles y su estado	<b>Flujo alternativo:</b> 4.4 El sistema obtiene un mensaje de error del sistema Control Core 4.4 El sistema muestra una alerta indicando el mensaje de error
<b>Postcondiciones:</b>	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 5 - Inspeccionar Propiedades Dispositivo	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Muestra las propiedades del dispositivo	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Control Core	
<b>Precondiciones:</b> Seleccionar una casa	
<b>Disparador:</b> Comando propiedades	
<b>Flujo normal:</b> 5.1 El usuario selecciona la opción "propiedades" en el menú 5.2 El sistema envía una petición al sistema Control Core para obtener las propiedades del dispositivo 5.3 El sistema obtiene una respuesta del sistema Control Core con las propiedades del dispositivo 5.4 El sistema muestra una pantalla con las propiedades 5.5 El usuario presiona el comando Regresar para volver a la lista de dispositivos 5.6 El sistema muestra nuevamente una lista de los dispositivos disponibles y su estado	<b>Flujo alternativo:</b> 5.3 El sistema obtiene un mensaje de error del sistema Control Core 5.5 El sistema muestra una alerta indicando el mensaje de error
<b>Postcondiciones:</b>	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 6 - Encendido Dispositivo	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 27/10/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Permite al usuario encender o apagar un dispositivo	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Mobile Link	
<b>Precondiciones:</b> Seleccionar un dispositivo	
<b>Disparador:</b> Comando administrar	
<b>Flujo normal:</b> 6.1 El usuario selecciona la opción Encender/Apagar de acuerdo al estado del dispositivo  6.2 El sistema Domolution Mobile envía un mensaje al sistema Mobile Link con la petición del usuario  6.3 El sistema Domolution Mobile recibe un mensaje del sistema Mobile Link informando que la petición del usuario se ha llevado a cabo exitosamente  6.4 El sistema muestra una alerta informando que la petición del usuario se ha realizado con éxito  6.5 El usuario presiona el comando regresar  6.6 El sistema muestra nuevamente una lista de los dispositivos disponibles y su estado	<b>Flujo alternativo:</b>    6.3 El sistema Domolution Mobile recibe un mensaje del sistema Mobile Link informando que la petición del usuario ha sido denegada  6.4 El sistema muestra una alerta informando que la petición del usuario ha sido denegada y su respectivo mensaje de error
<b>Postcondiciones:</b> El estado del dispositivo seleccionado ha sido modificado	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 7 - Bloqueo Dispositivo	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 27/10/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Permite al usuario bloquear o desbloquear un dispositivo	
<b>Actores:</b> Usuario, Sistema Mobile Link	
<b>Precondiciones:</b> Seleccionar una dispositivo, Ser usuario privilegiado	
<b>Disparador:</b> Comando administrar	
<b>Flujo normal:</b> 7.1 El usuario selecciona la opción Bloquear/Desbloquear de acuerdo al estado del dispositivo 7.2 El sistema Domolution Mobile envía un mensaje al sistema Mobile Link con la petición del usuario 7.3 El sistema Domolution Mobile recibe un mensaje del sistema Mobile Link informando que la petición del usuario se ha llevado a cabo exitosamente 7.4 El sistema muestra una alerta informando que la petición del usuario se ha realizado con éxito 7.5 El usuario presiona el comando regresar 7.6 El sistema muestra nuevamente una lista de los dispositivos disponibles y su estado	<b>Flujo alternativo:</b> 7.3 El sistema Domolution Mobile recibe un mensaje del sistema Mobile Link informando que la petición del usuario ha sido denegada 7.4 El sistema muestra una alerta informando que la petición del usuario ha sido denegada y su respectivo mensaje de error
<b>Postcondiciones:</b> El estado del dispositivo seleccionado ha sido modificado	

## 2. Control Core y su relación con otros sistemas



<b>Nombre:</b> Caso de uso 12 - Validar Usuario	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Recibe los datos de usuario enviados por el sistema Mobile User Interface y los valida como usuario registrado en la base de datos	
<b>Actores:</b> Mobile User Interface	
<b>Precondiciones:</b> Activar el caso de uso "Iniciar Sesión Usuario" del sistema Mobile User Interface	
<b>Disparador:</b> El envío de datos desde el sistema Mobile User Interface	
<b>Flujo normal:</b> 12.1 El sistema recibe el nombre de usuario y contraseña enviados por el caso de uso "Iniciar Sesión Usuario" del sistema Mobile User Interface 12.2 El sistema compara estos datos con los almacenados en la base de datos 12.3 El sistema envía confirmación de la certeza de los datos al sistema Mobile User Interface	<b>Flujo alternativo:</b> 12.3 El sistema envía mensaje de datos erróneos al sistema Mobile user Interface 12.3.1 El sistema queda en espera de nuevas peticiones
<b>Postcondiciones:</b> Se ha enviado validación de los datos de usuario a petición del sistema Mobile User Interface	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 13 - Notificar Casas	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Notifica las casas a las que tiene acceso un determinado usuario	
<b>Actores:</b> Mobile User Interface	
<b>Precondiciones:</b> Activar el caso de uso "Seleccionar Casa" del sistema Domolution Mobile	
<b>Disparador:</b> El envío de datos desde el sistema Domolution Mobile	
<b>Flujo normal:</b> 13.1 El sistema recibe petición de información de las casas relacionadas a un usuario específico por parte del sistema Domolution Mobile 13.2 El sistema busca las casas relacionadas con dicho usuario en la base de datos  13.3 El sistema envía la información encontrada al sistema Domolution Mobile	<b>Flujo alternativo:</b>   13.3 El sistema envía un mensaje de error en la búsqueda y pide intentar nuevamente
<b>Postcondiciones:</b> Se ha enviado la lista de las casas relativas a un usuario	

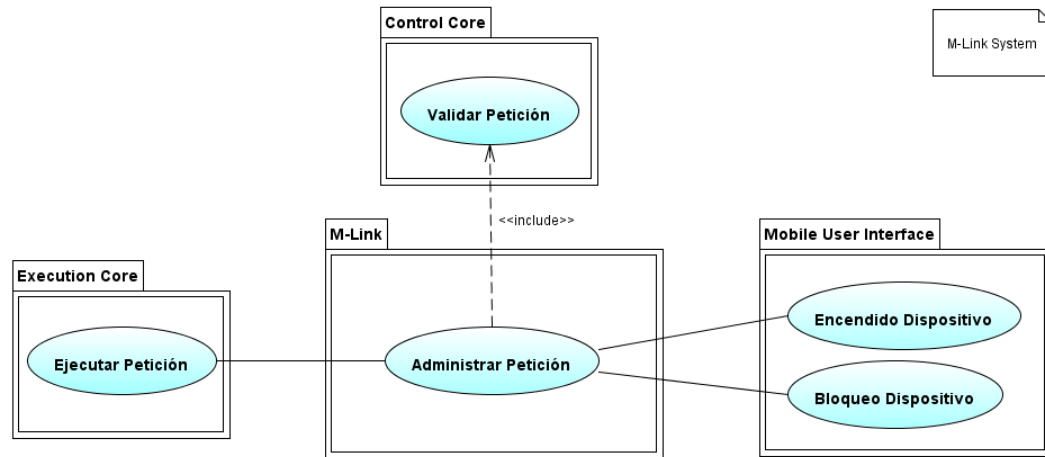
<b>Nombre:</b> Caso de uso 14 - Notificar Dispositivos	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Notifica los dispositivos pertenecientes a una determinada casa	
<b>Actores:</b> Mobile User Interface	
<b>Precondiciones:</b> Activar el caso de uso "Seleccionar Dispositivo" del sistema Domolution Mobile	
<b>Disparador:</b> El envío de datos desde el sistema Domolution Mobile	
<b>Flujo normal:</b> 14.1 El sistema recibe petición de información de los dispositivos relacionados a una casa específica por parte del sistema Domolution Mobile 14.2 El sistema busca los dispositivos relacionadas con dicho usuario en la base de datos 14.3 El sistema envía la información encontrada al sistema Domolution Mobile	<b>Flujo alternativo:</b>  14.3 El sistema envía un mensaje de error en la búsqueda y pide intentar nuevamente
<b>Postcondiciones:</b> Se ha enviado la lista de los dispositivos relativos a una casa	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 15 - Propiedades Casa	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Brinda una descripción de una determinada casa	
<b>Actores:</b> Domolution Mobile	
<b>Precondiciones:</b> Activar el caso de uso "Inspeccionar Propiedades Casa" del sistema Domolution Mobile	
<b>Disparador:</b> El envío de datos desde el sistema Domolution Mobile	
<b>Flujo normal:</b> 15.1 El sistema recibe petición de información de las propiedades de una casa específica por parte del sistema Domolution Mobile 15.2 El sistema busca las propiedades de dicha casa en la base de datos 15.3 El sistema envía la información encontrada al sistema Domolution Mobile	<b>Flujo alternativo:</b>  15.3 El sistema envía un mensaje de error en la búsqueda y pide intentar nuevamente
<b>Postcondiciones:</b> Se han enviado las propiedades de la casa requerida	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 16 - Propiedades Dispositivo	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Brinda una descripción de un determinado dispositivo	
<b>Actores:</b> Mobile User Interface	
<b>Precondiciones:</b> Activar el caso de uso "Inspeccionar Propiedades Dispositivo" del sistema Mobile User Interface	
<b>Disparador:</b> El envío de datos desde el sistema Mobile User Interface	
<b>Flujo normal:</b> 16.1 El sistema recibe petición de información de las propiedades de un dispositivo específico por parte del sistema Mobile User Interface 16.2 El sistema busca las propiedades de dicho dispositivo en la base de datos 16.3 El sistema envía la información encontrada al sistema Mobile User Interface	<b>Flujo alternativo:</b>  16.3 El sistema envía un mensaje de error en la búsqueda y pide intentar nuevamente
<b>Postcondiciones:</b> Se han enviado las propiedades del dispositivo requerido	

<b>Nombre:</b> Caso de uso 17 - Validar Petición	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 03/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 03/11/2009
<b>Descripción:</b> Utilizando el proceso de confianza en un tercero (Third-Party Verification o TPV), Validar Petición permite validar si un usuario que utiliza el sistema Domolution Mobile tiene permisos suficientes para realizar una acción determinada; o si dicha acción puede ser realizada en el momento en que se solicita.	
<b>Actores:</b> Mobile Link	
<b>Precondiciones:</b>	
<b>Disparador:</b> El envío de datos desde el sistema Mobile Link	
<b>Flujo normal:</b> 17.1 El sistema recibe por parte de Mobile Link los datos de un determinado usuario, un determinado dispositivo de una determinada casa y una determinada acción 17.2 El sistema verifica, valiendose de la base de datos y ciertos datos predefinidos, si dicho usuario puede realizar dicha acción sobre el dispositivo deseado o si este dispositivo está disponible para esta petición  17.3 El sistema envía a Mobile Link confirmación de que la acción deseada puede ser realizada	<b>Flujo alternativo:</b>      17.3 El sistema envía un mensaje a Mobile Link informando que la acción no puede ser realizada indicando el motivo de error
<b>Postcondiciones:</b> Se ha informado a Mobile Link que la acción requerida puede ser realizada por dicho usuario	

### 3. Mobile Link y su interacción con otros sistemas

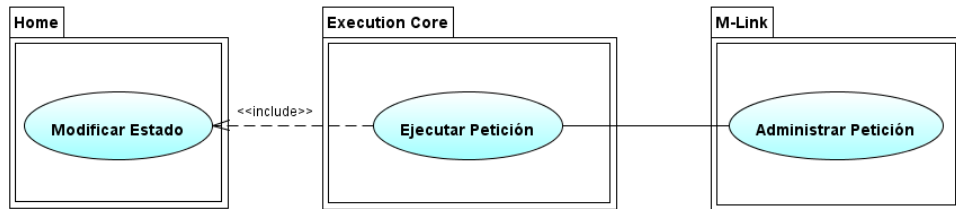


<b>Nombre:</b> Caso de uso 18 - Administrar Petición	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 04/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 05/11/2009
<b>Descripción:</b> Recibe peticiones de acciones por parte de Domolution Mobile, pide validación de petición a un tercero, ordena la ejecución de la acción e informa el resultado de la petición de acción	
<b>Actores:</b> Domolution Mobile, Control Core, Execution Core	
<b>Precondiciones:</b> Realizar una petición de acción sobre un dispositivo por parte del usuario del sistema Domolution Mobile	
<b>Disparador:</b> Petición de encendido/apagado, bloqueo/desbloqueo de un dispositivo	
<b>Flujo normal:</b> 18.1 El sistema recibe una petición de acción sobre un dispositivo por parte del sistema Domolution Mobile indicando el usuario que pide la acción, la acción a ejecutar y el dispositivo que recibirá la acción	<b>Flujo alternativo:</b>

<p>18.2 El sistema pide que se verifique si la acción deseada puede ser realizada. Para ello utiliza el proceso de validación por tercero pidiendo a Control Core que valide la petición del usuario</p> <p>18.3 El sistema recibe de Control Core confirmación para realizar la acción deseada</p> <p>18.4 El sistema ordena la ejecución de la acción, enviando para ello un mensaje a Execution Core</p> <p>18.5 El sistema recibe un mensaje enviado por Execution Core informando que la acción ha sido realizada con éxito</p> <p>18.6 El sistema informa a Domolution Mobile que la acción ha sido realizada con éxito</p>	<p>18.3 El sistema recibe un mensaje de Control Core indicando que la acción no puede ser realizada</p> <p>18.3.1 El sistema envía a Domolution Mobile mensaje de error en la petición indicando el error correspondiente</p> <p>18.3.2 El sistema termina la petición actual y queda en estado de espera de una nueva petición. No pasa a 18.4</p> <p>18.5 El sistema recibe un mensaje enviado por Execution Core informando que ha ocurrido un error, indicando el respectivo error</p> <p>18.6 El sistema informa a Domolution Mobile sobre el error obtenido y su respectivo código de error</p>
<p><b>Postcondiciones:</b></p> <p>Se ha administrado la acción deseada por el usuario informándole si se realizó o no dicha acción</p>	

#### 4. Execution Core y su relación con otros sistemas

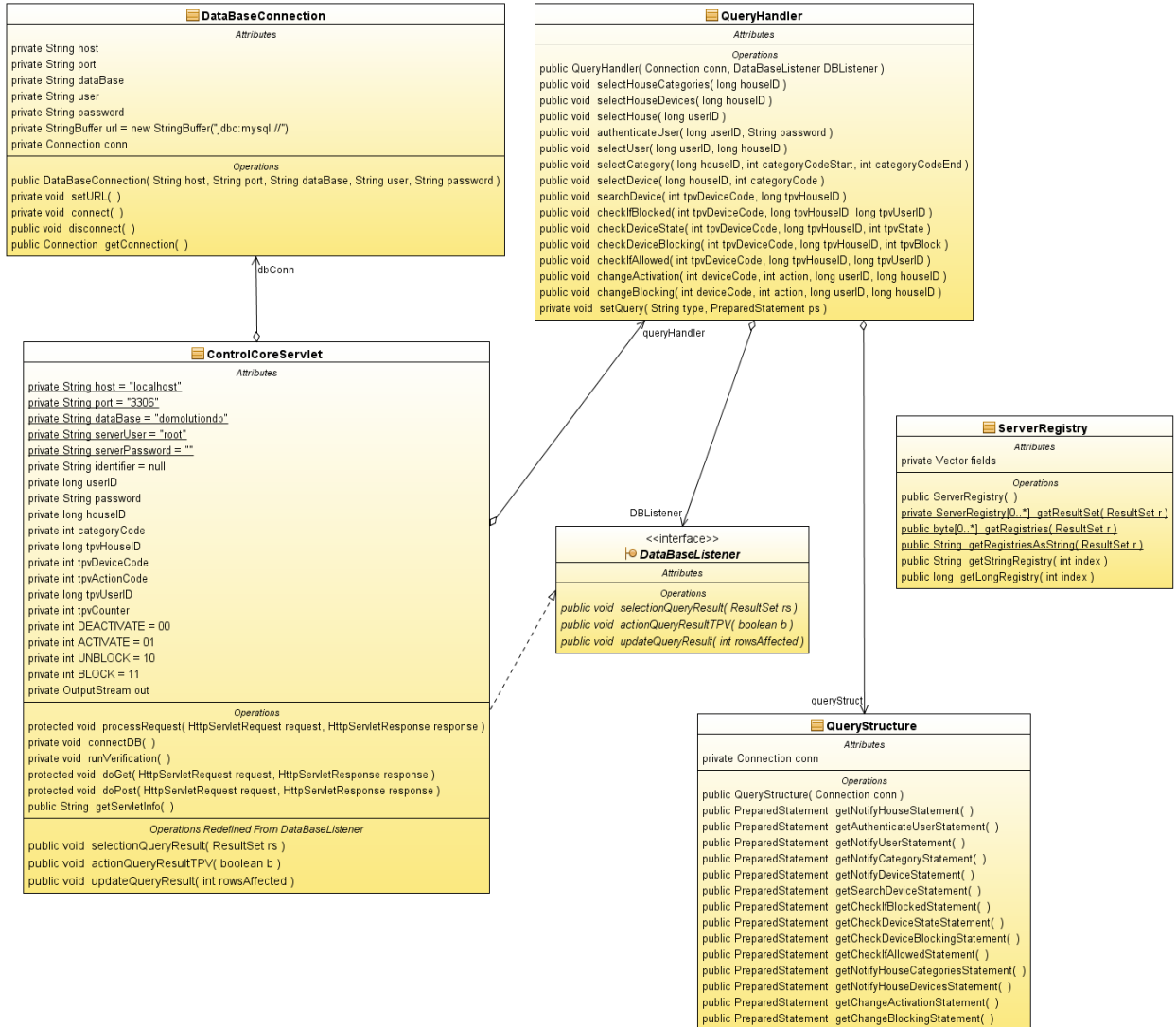
Execution Core System



<b>Nombre:</b> Caso de uso 19 - Ejecutar Petición	
<b>Autor:</b> Carlos Gilberto Martínez Martínez	
<b>Fecha creación:</b> 05/11/2009	<b>Fecha última modificación:</b> 05/11/2009
<b>Descripción:</b> Recibe peticiones de acciones por parte de Mobile Link las cuales deben ser ejecutadas. Se encarga de comunicarle al sistema Home la acción a ejecutar sobre dispositivos de la casa (Entorno simulado)	
<b>Actores:</b> Mobile Link, Home	
<b>Precondiciones:</b> Recibir petición de acción sobre un determinado dispositivo por parte de M-Link	
<b>Disparador:</b> Llegada de un mensaje de petición de ejecución	
<b>Flujo normal:</b> 19.1 El sistema recibe una petición de acción sobre un dispositivo por parte del sistema Mobile Link indicando una acción a realizar  19.2 El sistema envía la orden de ejecución de la acción al dispositivo del entorno simulado 19.3 El sistema Home intenta ejecutar la acción deseada 19.4 El sistema recibe del sistema Home mensaje de confirmación de la ejecución  19.5 El sistema informa a Execution Core que la acción ha sido realizada con éxito	<b>Flujo alternativo:</b>  19.4 El sistema recibe del sistema Home mensaje informando que ha ocurrido un error, indicando el respectivo error  19.5 El sistema informa a Execution sobre el error obtenido y su respectivo código de error
<b>Postcondiciones:</b> Se ha llevado a cabo la acción pedida por el usuario sobre un dispositivo de la casa	

## Anexo B. DIAGRAMAS DE CLASES

### 1. Diagrama de clases del sistema ControlCore



## 2. Diagrama de clases del sistema Domolution Mobile

Paquete GUI

```

DeviceListRenderer
Attributes
private Label icon = new Label("")
private Label name = new Label("")
private Label state = new Label("")
private Label blocked = new Label("")
private Label focus = new Label("")

Operations
public DeviceListRenderer( )
public Component getListCellRendererComponent( List list, Object value, int index, boolean isSelected )
public Component getListFocusComponent( List list )

```

```

CenterLayout
Attributes

Operations
public void layoutContainer( Container parent )
public Dimension getPreferredSize( Container parent )

```

```

HouseListRenderer
Attributes
private Label icon = new Label("")
private Label name = new Label("")
private Label focus = new Label("")

Operations
public HouseListRenderer( )
public Component getListCellRendererComponent( List list, Object value, int index, boolean isSelected )
public Component getListFocusComponent( List list )

```

```

LoadingDialog
Attributes
private Dialog dialog
private Container mainComponent
private Command command
private ActionListener listener

Operations
private LoadingDialog( )
public LoadingDialog( String message, Image icon, Image loadingBar )
public void addCommand( Command command, ActionListener listener )
public boolean isVisible( )
public void show( )
public void dispose( )

```

loadingDialog

```

UserMIDlet
Attributes
private String urlTest = "http://localhost:8080/ControlCoreServlet"
private String url
private String post
private String phoneNumber
private Form h2Form
private List h2DeviceList
private Form idForm
private Form housesForm
private Form lv1Form
private Form h2Form
private Form finalDevicesForm
private Command exit
private Command connect
private Command loginScreen
private Command h0
private Command lv1
private Command h2
private Command finalDevices
private Command info
private Command changeActivation
private Command changeBlocking
private Command properties
private Command accept
private Command cancelDialog
private Command back
private TextArea taUserID
private TextArea taUserPsw
private TextArea phoneNumberTA
private TextArea urlTA
private Label idLabel
private Label pswLabel
private Label phone
private List housesList
private List categoriesList
private List devicesList
private Image icons[0..*]
private ButtonGroup buttonGroup
private int displayWidth
private int displayHeight
private int currentScreen = 0
private long selectedIndexes[0..*] = new long[4]
private int listSelectedIndexes[0..*] = new int[4]
private String currentIdentifier[0..*] = new String[2]
private String listType
private TabbedPane tabbed1
private TabbedPane tabbed2
private Container categoryContainer1
private Container categoryContainer2
private Container deviceContainer1
private Container deviceContainer2
private String actionType
private boolean smsListeningNow = false
private boolean isFinalDevices = false
private long userID
private String password
private boolean wait
private boolean cancelled
private Image loadingBar
private boolean exception
private boolean failedAuthentication
private Transition rightTransition
private Transition leftTransition
private Dialog dialogSalir

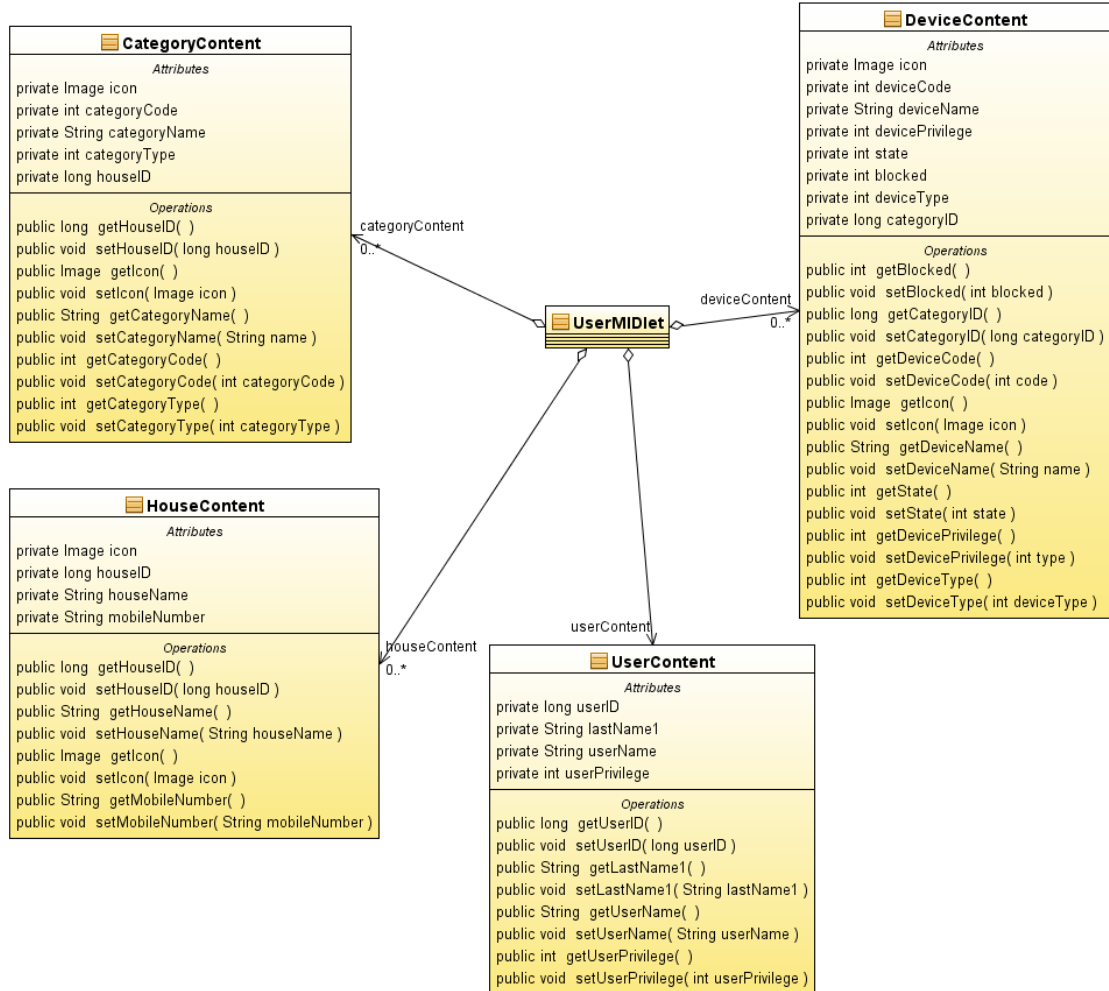
Operations
public UserMIDlet( )
public void startApp( )
public void pauseApp( )
public void destroyApp( boolean unconditional )
private Image getIcon( int type )
private void startConnection( )
private void stopConnection( )
private String getStringPost( String identifier )
private void setLoginScreen( )
private void setHousesScreen( )
private void setLV0Screen( )
private void setLV1Screen( )
private void setLV2Screen( )
private void setFinalDevicesScreen( )
private void createList( Object list )
private void createList( ClientRegistry registries[0..*] )
private byte[0..*] createBinaryMessage( int action )
private void startListening( )
public void actionPerformed( ActionEvent evt )
private void handleTabbedPaneCommands( int oldSelected, int newSelected )
public void selectionChanged( int oldSelected, int newSelected )
private Image scale( Image imagen, float dispWidth, float dispHeight )

Operations Redefined From HTTPConnectionListener
public void getResponse( ClientRegistry registries[0..*], boolean exception )

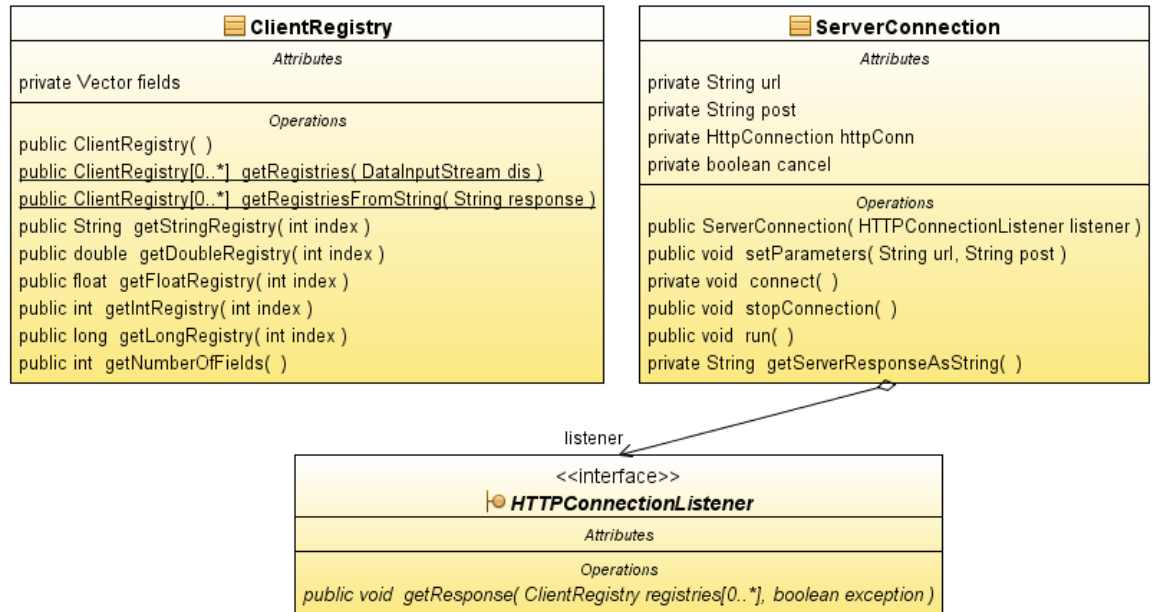
Operations Redefined From SMSListener
public void SMSContent( byte smsContent[0..*] )

```

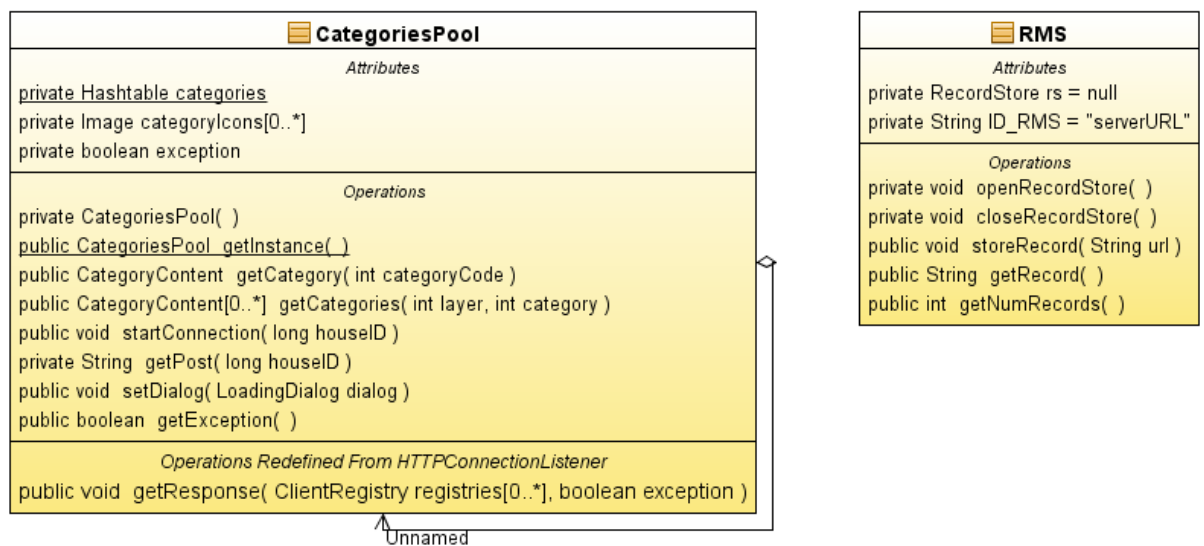
## Paquete contents



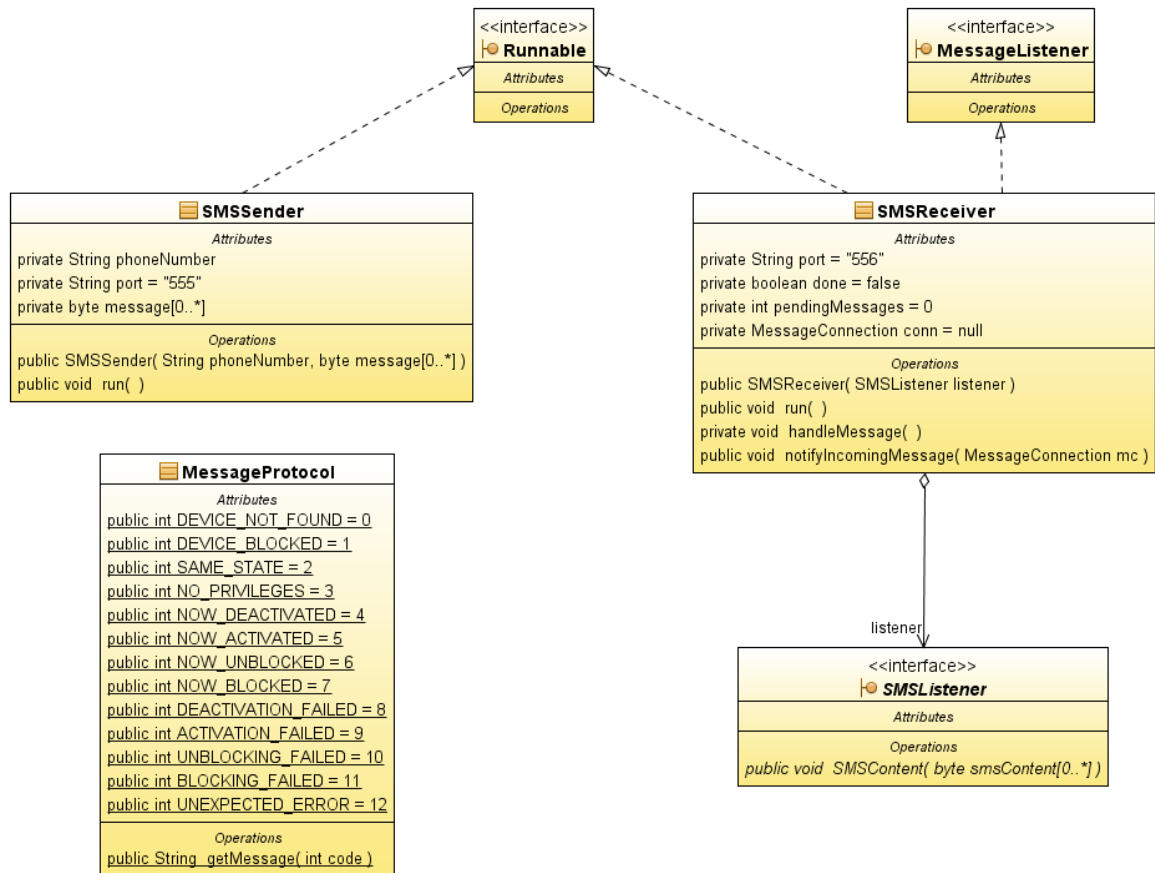
## Paquete httpcommunication



## Paquetes pools y RMS

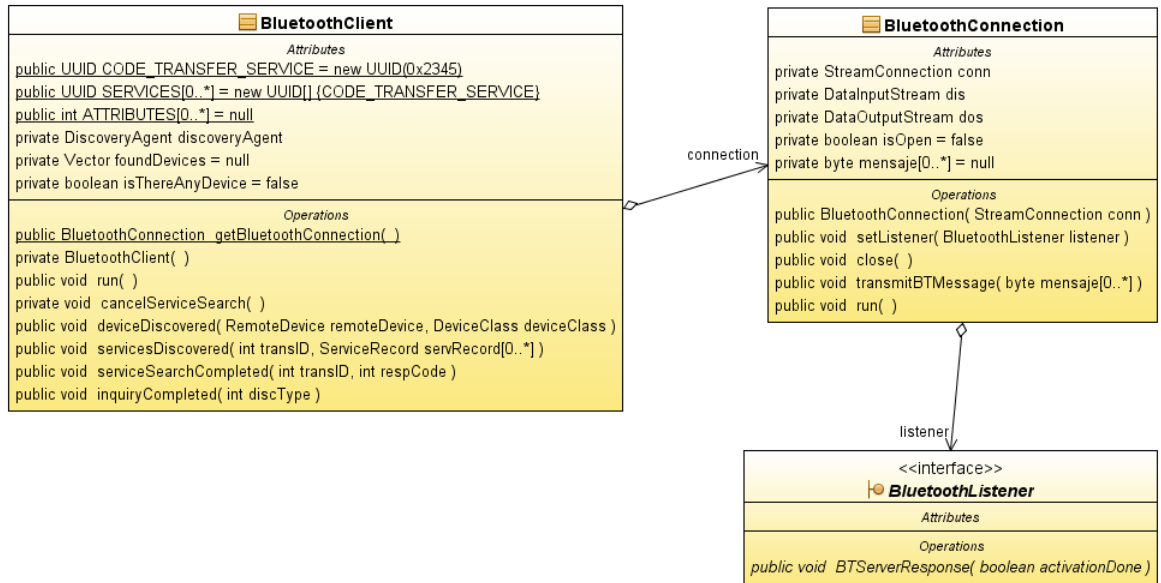


## Paquete SMS

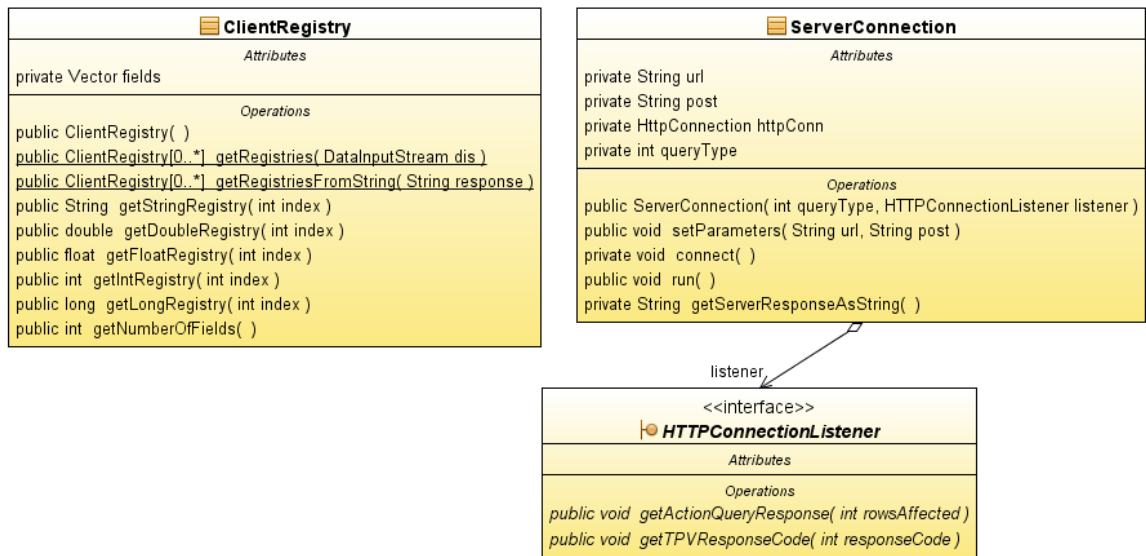


## Diagrama de clases Mobile Link


### Paquete Bluetooth




### Paquete httpCommunication





## Paquetes messageProtocol y RMS

 <b>MessageProtocol</b>
<i>Attributes</i>
<u>public int DEVICE_NOT_FOUND = 0</u> <u>public int DEVICE_BLOCKED = 1</u> <u>public int SAME_STATE = 2</u> <u>public int NO_PRIVILEGES = 3</u> <u>public int NOW_DEACTIVATED = 4</u> <u>public int NOW_ACTIVATED = 5</u> <u>public int NOW_UNBLOCKED = 6</u> <u>public int NOW_BLOCKED = 7</u> <u>public int DEACTIVATION_FAILED = 8</u> <u>public int ACTIVATION_FAILED = 9</u> <u>public int UNBLOCKING_FAILED = 10</u> <u>public int BLOCKING_FAILED = 11</u> <u>public int UNEXPECTED_ERROR = 12</u>
<i>Operations</i>
<u>public String getMessage( int code )</u>

 <b>RMS</b>
<i>Attributes</i>
private RecordStore rs = null private String ID_RMS = "serverURL"
<i>Operations</i>
private void openRecordStore( ) private void closeRecordStore( ) public void storeRecord( String url ) public String getRecord( ) public int getNumRecords( )

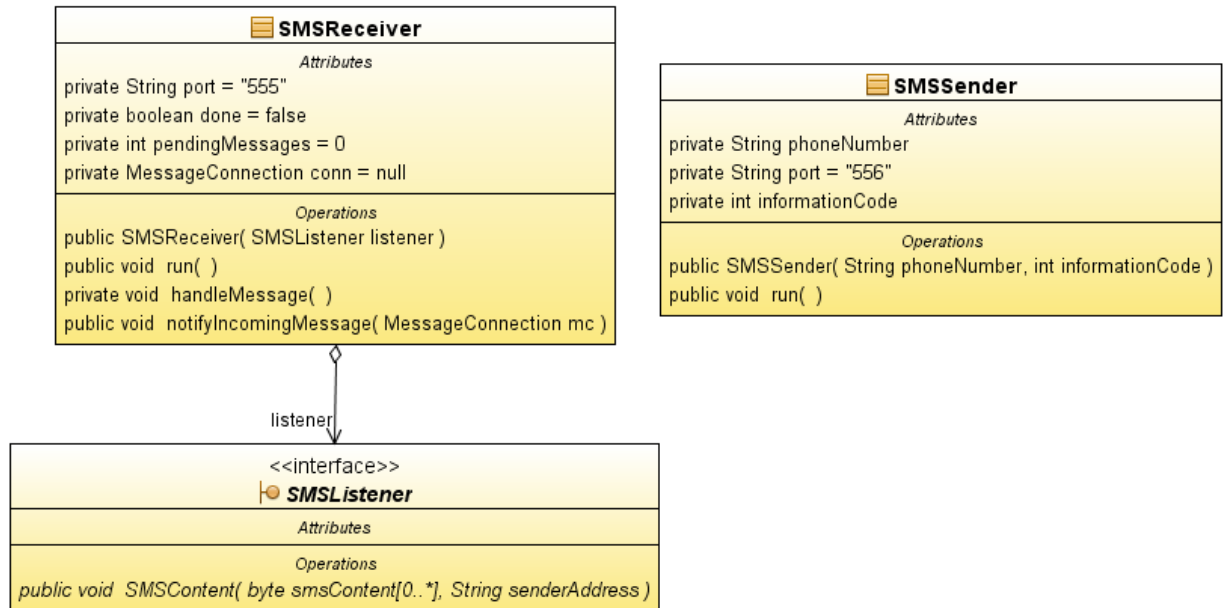
## Paquete requests

 <b>RequestHandler</b>
<i>Attributes</i>
private long houseID = 1 private boolean isActionOk private int responseCode
<i>Operations</i>
<u>public void executeAction( int deviceCode, int actionCode, long userID )</u> <u>public void runVerification( int deviceCode, int actionCode, long userID )</u> <u>private void startConnection( int actionQueryType, String post )</u> <u>private String getpost( String identifier, long deviceCode, int actionCode, long userID )</u> <u>public boolean getsActionOk( )</u> <u>public int getResponseCode( )</u>
<i>Operations Redefined From HTTPConnectionListener</i>
<u>public void getActionQueryResponse( int rowsAffected )</u> <u>public void getTPVResponseCode( int responseCode )</u>

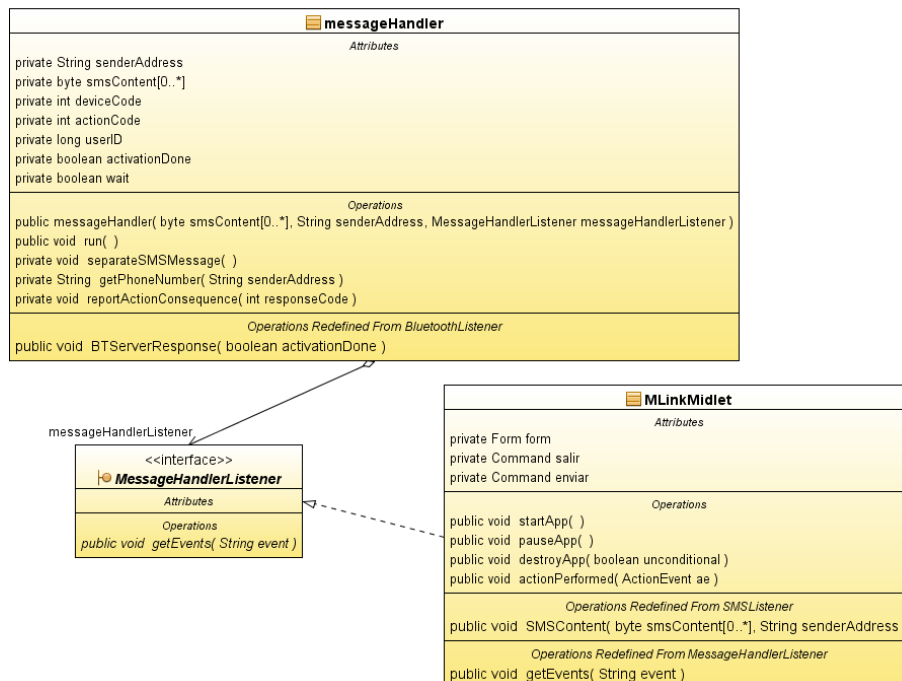
 <b>StateChanger</b>
<i>Attributes</i>
<u>private int DEACTIVATE = 00</u> <u>private int ACTIVATE = 01</u> <u>private int UNBLOCK = 10</u> <u>private int BLOCK = 11</u>
<i>Operations</i>
<u>public int changeState( int deviceCode, int actionCode, long userID )</u>

 <b>ThirdPartyVerification</b>
<i>Attributes</i>
<i>Operations</i>
<u>public int runVerification( int deviceCode, int actionCode, long userID )</u>

## Paquete SMS



## Paquete messageHandler



## Anexo C. DIAGRAMA DE SEQUENCIAS

El siguiente diagrama describe la secuencia que se presenta desde que se obtienen los dispositivos de una categoría y se genera una petición, pasando por los diferentes procesos a los que esta se somete, hasta que se obtiene la confirmación de ejecución de la petición.

