



UNIVERSIDAD EMPRESARIAL SIGLO 21

# Prototipo de un sistema domótico SEGURIDAD Y CONFORT

---

Trabajo Final de Carrera de Grado

**Director: PEREZ, Adriana**

**Autor: BOGADO, Pedro Emmanuel**

**Córdoba, 2012**

## Prototipo de un sistema domótico Seguridad y confort

Pedro Emmanuel Bogado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería en Sistemas de Información, Universidad Empresarial Siglo 21, Córdoba, Argentina  
[bogadopedro@hotmail.com](mailto:bogadopedro@hotmail.com)

**Abstract.** El presente trabajo consistió en el desarrollo de un prototipo de un sistema domótico con tecnología Bluetooth. Entre los aspectos que cubre la domótica, este sistema se enfoca en la seguridad y el confort. El prototipo utiliza una arquitectura centralizada y el aire como medio de transmisión para la comunicación entre sus componentes. Estos componentes son los sensores y actuadores. Una notebook, como unidad central, recibe datos de distintos sensores y los evalúa con el fin de detectar anomalías. Si es así, envía órdenes a los actuadores como medida para mitigar el problema. Los sensores implementados fueron de temperatura, sensor de gas licuado (LPG), sensor de monóxido de carbono y sensor de movimiento. Los actuadores utilizados fueron interruptores inalámbricos y un motor de corriente continua para simular la apertura y cierre de ventanas, toldos o portones.

**Keywords:** domótica, sensor, actuador, unidad central o controlador, Bluetooth, seguridad

### 1 Introducción

El siguiente proyecto nace de la idea de desarrollar un prototipo de un sistema domótico funcional. Está basado en el software BT Manager 1.0 que se desarrolló para el Seminario de Prácticas de Analista en Sistemas (Bogado, Seminario de Prácticas en Analista de Sistemas de Información, 2011) el cual administra un hardware de uso general para el control de dispositivos eléctricos de manera inalámbrica. De esta manera, se presenta una segunda versión del sistema BT Manager.

En los años '80, la integración de sistemas a nivel comercial solo se realizaba en edificios terciarios llamados edificios inteligentes. Luego en los '90, precisamente en Japón, la integración de sistemas a nivel comercial avanzó sobre el área doméstica. La

motivación de incluir la tecnología en el hogar fue mejorar las funciones de los equipos domésticos incrementando su valor añadido pero sin considerar las mejoras relacionadas con el control y la comunicación.

Con el surgimiento de Internet en el hogar y las tecnologías de la información y las comunicaciones, se ha cambiado la manera de ver la integración de la tecnología en el hogar, donde lo importante no es el valor agregado a los dispositivos domésticos sino los servicios que pueden brindar éstos a los usuarios.

Hoy por hoy, en los países desarrollados, es normal que en los proyectos de viviendas se incluya la instalación de nivel básico de sistemas domóticos, mientras que su instalación en viviendas ya construidas se encuentra en constante crecimiento.

Sin embargo, en los países en desarrollo como Argentina, la aplicación está orientada principalmente a edificios terciarios como hoteles, oficinas, empresas, shopping centers y edificios de grandes envergaduras debido a que los costos de su instalación son muy elevados. La domótica sólo está alcanzando a las clases sociales altas y las clases sociales medias sólo poseen instalaciones domóticas muy básicas.

Si bien el mercado domótico es rentable en ciertos países, en otros países la domótica recién está empezando a conocerse y el tamaño de mercado todavía es muy pequeño. Constantes promociones y bajo costo permitirán la posibilidad de ingresar en mercados donde necesiten los servicios que ofrece la domótica a un precio adecuado. Si las empresas que ofrecen domótica logran esto, no solamente podrán ingresar en nuevos mercados de mayor tamaño, sino también competir agresivamente por los mercados actuales.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Domótica

**Introducción.** CEDOM nació en 1992 por parte de un grupo de empresas que fabricaban materiales eléctricos y que vieron la oportunidad en el mercado domótico. Primeramente se creó como un comité y en 2001 cambió la denominación por Asociación.

CEDOM define la domótica de la siguiente manera:

“Conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema”. (CEDOM)

En otras palabras, el concepto domótica se refiere a la automatización y control (encendido / apagado, apertura / cierre y regulación) de aparatos y sistemas de instalaciones eléctricas-electrotécnicos (iluminación, climatización, persianas y toldos, puertas y ventanas motorizados, el riego, etc.) de forma centralizada y/o remota. El objetivo del uso de la domótica es el aumento del confort, el ahorro energético y la mejora de la seguridad personal y patrimonial en la vivienda.

**Elementos de un sistema domótico.** Un sistema domótico está constituido principalmente por sensores (que reciben información del medio), actuadores, una unidad de control (que recibe información de los sensores y envían órdenes a los actuadores para que actúen en consecuencia), interfaces o terminales (el medio por el cual el usuario interactúa con el sistema) y un bus que se encarga de transmitir la información entre los elementos del sistema.

**Servicios que gestiona la domótica.** La domótica ofrece una gran variedad de servicios que se las agrupa en 4 categorías: gestión de la energía, gestión de la seguridad, gestión del confort y gestión de las comunicaciones.

Cada grupo reúne un abanico de posibilidades donde el usuario puede hacer uso de ellas para obtener bienestar, mejor cuidado de la salud, protección patrimonial y colaborar con un desarrollo sostenible o sustentable.

Cabe mencionar que los servicios del confort y de la seguridad pueden convertirse en necesidades vitales cuando se trata de personas discapacitadas. Uno de los objetivos es facilitarles la realización de sus tareas cotidianas, dotándoles de un fácil manejo de los distintos elementos de la casa. Esto podría ser posible mediante interfaces amigables, interacción por voz y mandos a distancia evitando que se desplacen por toda la casa para controlar determinados elementos.

*Gestión de la energía.* Estos servicios se encargan de gestionar el consumo de energía con el fin de economizarlo. No solo ayuda a los usuarios (ahorrando dinero) sino también a los proveedores y a los gobiernos (los cuales suelen ayudar con subsidios).

*Gestión del confort.* La gestión del confort tiene por objetivo aumentar nuestra calidad de vida brindándonos mayor comodidad a la hora de realizar actividades dentro de la vivienda o el edificio.

Dentro de la vivienda se busca la comodidad de las personas que la habitan con el objetivo de conseguir calidad de vida. En las empresas se busca el confort de los trabajadores para lograr una mejor condición laboral.

Los servicios más comunes que se reúnen en esta categoría son:

- ✚ El control y la regulación de la iluminación
- ✚ Regulación de la temperatura
- ✚ Control de dispositivos eléctricos (automatismos): incluye la automatización y control de persianas, portones y toldos, y el control de electrodomésticos (encendido y apagado).
- ✚ Sistema de riego automático

*Gestión de la seguridad.* La domótica integra la seguridad patrimonial y la seguridad personal. Los sistemas de seguridad más comunes son los sistemas de alarmas técnicas, los sistemas antirrobo, los sistemas de control de acceso y los sistemas de alarmas médicas (Morales, Vázquez Serrano, & de Castro Lozano, 2008).

*Gestión de las comunicaciones.* Los servicios de comunicaciones contemplan el intercambio de información entre las personas, entre las personas y los dispositivos domésticos, y entre los mismos dispositivos.

La gestión de la información se encarga de capturar la información, almacenarla, procesarla y luego transmitirla por los medios adecuados. Estos medios pueden ser físicos o no físicos (el aire, por ejemplo).

Los dos tipos de comunicaciones que se pueden distinguir son las internas o externas. Las comunicaciones internas permiten que la información se intercambie dentro de la vivienda o edificio. Mientras que la comunicación externa permite que la transmisión se lleve a cabo con el exterior desde la propia instalación.

## 2.2 Arquitectura

La arquitectura de un sistema domótico hace referencia a su estructura de red. En un sistema domótico su arquitectura puede ser:

- ✚ Arquitectura centralizada: En esta arquitectura, un dispositivo (controlador) es el encargado de recibir información de los sensores y enviar

órdenes a los actuadores. También son los encargados de mostrar los datos en las interfaces de usuarios.

✚ Arquitectura distribuida: No existe un controlador único sino que cada sensor y actuador son controladores por sí mismos. Cada uno es capaz de actuar de manera autónoma enviando y recibiendo información de otros dispositivos. Esto permite una flexibilidad e independencia. Esta arquitectura necesita una unidad o módulo de configuración con el objetivo único de transmitir las instrucciones a los dispositivos. Además, si este módulo se desconectara, el sistema seguiría funcionando. Sin embargo la programación y el diseño resultan muy complejos.

✚ Arquitectura híbrida/mixta: Se dispone un sistema donde existe un controlador central, y los sensores y actuadores también son controladores.

### 2.3 Evaluación y selección

**Servicios a gestionar por el prototipo.** La seguridad patrimonial y personal fue tenida en cuenta para el desarrollo del prototipo ya que son los servicios más valorados de un sistema domótico según el estudio que presentaremos más adelante. Por su parte, el confort viene dado como consecuencia de la primera versión de BT Manager. Su integración hace posible que, con la programación adecuada, el sistema pueda contribuir al bienestar y la seguridad del hogar.

En forma general los servicios que brindará el prototipo domótico son:

- ✚ Alarmas técnicas
- ✚ Intrusión
- ✚ Automatismos. Control y programación de electrodomésticos.
- ✚ Control de la iluminación.
- ✚ Control de ventanas, persianas, toldos y portones

**Medio de transmisión seleccionado.** El medio de transmisión utilizado en el prototipo será el aire. Esto permite que el dispositivo sea fácil de instalar. Asimismo, ayuda en la estética porque evita el tendido de nuevos cables, ya sea interna (rompiendo paredes) o externa de la mampostería.

**Protocolo de comunicación.** Bluetooth y Wi-Fi son los dos estándares más utilizados para la transmisión inalámbrica de datos entre dispositivos móviles.

Para la elección del protocolo primero se intentó encontrar el módulo que cumpla con ciertos requerimientos técnicos. Segundo la idea era que fuera el más económico, ya

que el factor precio es la justificación del presente trabajo. Tercero que sea el de menor consumo para lograr una mejor vida de las baterías.

En la siguiente tabla se hace un resumen con las características de los principales módulos Bluetooth y Wi-Fi fabricados por la empresa Roving Networks (Roving Networks). Se agrega también una columna con las características que se necesitaron para el prototipo.

Características	Requerimiento	Bluetooth RN-41	Bluetooth RN-42	Wi-Fi RN-171
Encriptación de datos	SI	SI	SI	SI
Alcance	20-40 m	100 m	20 m	+ 150 m
Tasa de transmisión	1K/s	3 Mbps	3 Mbps	Hasta 54 Mbps
Precio		U\$S 24.95	U\$S 15.95	U\$S 29
Consumo		30 mA	30 mA	180mA

**Tabla 1 Características de los protocolos Bluetooth y Wi-Fi**

Si nos guiamos por el precio, en primer lugar el más económico es el módulo RN-42. Sin embargo, hay hogares donde se requieren mayor alcance. En cuanto al consumo energético es uno de los más bajos.

En segundo lugar, tenemos los RN-41 que tienen mayor alcance y cumplen con todos los requerimientos. Su consumo es similar al de los RN-42.

Por último, el módulo Wi-Fi RN-171 cumple con todos los requerimientos pero su precio es el más caro. En cuanto a su consumo también es el más elevado.

Concluyendo, el módulo Bluetooth RN-41 es el más adecuado en ambientes grandes y para ambientes chicos es recomendable el RN-42, también de Bluetooth. Cabe mencionar que los RN-41 y los RN-42 son compatibles entre sí.

**Análisis de la arquitectura centralizada.** Los actuadores y los sensores son gestionados por un solo dispositivo llamado controlador. Éste será el encargado de comunicarse con los sensores para obtener los datos correspondientes. Luego comparará los valores obtenidos con el valor de umbral que es un número cuyos valores inferiores a él se consideran valores normales. Si los resultados de la medición están fuera de los parámetros normales, el controlador será el encargado de enviar las órdenes a los actuadores para actuar en consecuencia.

Un inconveniente muy importante de las arquitecturas centralizadas es que si el controlador se encuentra apagado, no se pueden efectuar las programaciones. Este inconveniente se resuelve con la arquitectura distribuida.

Otro problema que se presenta, es que las transmisiones Bluetooth entre el controlador y los sensores son del tipo full-dúplex. En las conexiones full-dúplex la cantidad de dispositivos que puede haber conectados al mismo tiempo es de 7. Esto limita la cantidad de dispositivos que pueden ser utilizados al mismo tiempo.

Este inconveniente puede resolverse de dos maneras: mediante software o mediante hardware. La primera solución consiste en tener una lista de los sensores para recorrerlos cada cierto tiempo y atenderlos de a uno a la vez (método de Round Robin). De esta manera se conectan con el sensor, se obtienen los valores y se comparan para ver si son normales. Luego se cierra la conexión para establecerla con otro sensor y así repetir el proceso.

La solución hardware consiste en que el controlador tenga más de un adaptador Bluetooth. De esta manera se pueden sumar otros 7 dispositivos conectados en simultáneo.

A pesar de todo, esta arquitectura es la más económica debido a que la unidad central concentra la información y en base a ello toma decisiones. Los sensores por su parte, son sólo nodos que envían información y los actuadores son nodos que actúan según la orden que les envía la unidad central. En otras palabras, tanto los sensores como actuadores no actúan por sí mismos, como en el caso de la arquitectura distribuida, sino que son comandados por la unidad central.

**Análisis de la arquitectura distribuida.** En este caso los sensores y actuadores tienen su propio controlador encargado de realizar la programación. Es decir, el sensor mide los valores y el controlador interno posee su propio valor de umbral contra el cual los compara para ver si están fuera del rango. Si resulta así, el controlador utilizará su módulo Bluetooth para establecer una conexión con los actuadores correspondientes y enviarles las órdenes deseadas.

Para lograr que los nodos sean independientes, se necesita un módulo que permita configurar el controlador del sensor con las instrucciones necesarias para tomar las decisiones. Además cada nodo debe ser capaz establecer y gestionar las conexiones con los demás nodos. Aunque se necesite un módulo de configuración, si éste se cae, la programación sigue funcionando.

La arquitectura distribuida resuelve los problemas de la arquitectura centralizada ya que no se necesita de un módulo central para gestionar la programación del sistema. En lugar de ello, cada módulo se controla por sí mismo.

El principal inconveniente de esta arquitectura es su complejidad a la hora de diseñar y programar el módulo de configuración, como así también cada módulo sensor. El usuario realiza las programaciones de escenas, temporizadores y de las alarmas. Luego



el módulo de configuración debe tener la capacidad de lograr que los sensores y actuadores puedan realizar estas programaciones por sí solos.

Para lograr esto, los módulos sensores u actuadores deben contar con una estructura que le permitan realizar las programaciones de manera independiente. Esta estructura debe ser flexible y programable por la unidad de configuración. De esta manera, los sensores y actuadores reciben instrucciones que son leídos e interpretados para configurar los parámetros de su autonomía.

Dichos parámetros tienen que ver con la gestión de las conexiones Bluetooth y las acciones que deben realizarse para cada uno de los dispositivos.

**Arquitectura seleccionada.** En la selección de la arquitectura adecuada para el prototipo se tuvo en cuenta el medio de transmisión y la complejidad del sistema. En esta versión del prototipo, nos enfocamos en el desarrollo de un sistema domótico centralizado. Sus costos resultaron reducidos con respecto a la arquitectura distribuida y toda su complejidad fue encapsulada en la unidad central. De esta manera, dicha complejidad fueron cuestiones de software de alto nivel más que de bajo nivel.

**Sensores seleccionados.** Los tipos de sensores se ven con detalle en el apéndice. En este apartado nos centramos en la elección del tipo de sensor y su correspondiente justificación.

*Temperatura.* El sensor de temperatura utilizado fue el de unión pn ya que son económicos y fáciles de usar. Su rango de medición cubren los valores que necesitamos medir.

Entre los sensores de unión pn existen unos sensores llamados LM35 (National Semiconductor, 2000). Éstos tienen la particularidad de tener una señal de salida de voltaje la cual es lineal y proporcional a la temperatura medida en grados Celsius. El rango de valores que puede tomar varía entre  $-55^{\circ}\text{C}$  y  $+150^{\circ}\text{C}$  haciéndolo ideal para medir temperatura ambiente.

*Proximidad.* El sensor utilizado para alertar de alguna intrusión fueron los sensores PIR, los cuales no necesitan estar en contacto con el objetivo, como sucede con los microrruptores. Frente a los sensores capacitivos e inductivos, los sensores PIR detectan casi cualquier material y tienen mayor alcance. A diferencia de los sensores ópticos, los sensores PIR por lo general tienen un barrido infrarrojo que puede abarcar ángulos como  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  o incluso  $360^{\circ}$  brindando una mayor cobertura.

*Incendio.* Como el humo en el hogar es más rápido de detectarse, los sensores ópticos por dispersión son los más adecuados. Son simples, los más económicos y su circuito es fácil de fabricar. En el prototipo se utilizó este tipo de sensor.

*Gas.* Los sensores de gas seleccionados para el prototipo fueron los de monóxido de carbono, de gas natural y de gas licuado.

**Actuadores.** Los detalles de actuadores utilizados en la domótica, pueden verse en la sección Apéndice. De la misma manera que los sensores, en este apartado hacemos hincapié en la elección del tipo de actuador y la justificación de dicha elección.

*Relé.* Un relé es parte del circuito de este interruptor para invertir la corriente y lograr que el motor gire en uno u otro sentido. Como el módulo Bluetooth no puede comunicarse directamente con el relé para enviarle la orden proveniente del sistema central, fue necesario un microcontrolador de intermediario. De esta manera el Bluetooth se comunicará con el microcontrolador usando el módulo USART el cual explicaremos en la siguiente sección.

*Electroválvula.* Una electroválvula se debe cerrar en caso de alguna pérdida de gas. El sensor debe informar a la unidad central y ésta se debe comunicar con la electroválvula para impedir el flujo del gas. Recordemos que una electroválvula de dos estados puede estar abierta o cerrada. De esta manera se reemplazó la acción de la electroválvula por la acción de algún interruptor.

*Motores eléctricos.* Por su parte, debido a que los motores tubulares son caros, mostrar su funcionamiento en persianas o toldos de manera automática e inalámbrica, pudo ser demostrada con algunas modificaciones en la presentación del prototipo.

Esta alternativa consistió en un motor de corriente continua con dos pulsadores que simulan la apertura o cierre de la persiana. Un pulsador está constantemente presionado. Cuando le enviamos la acción “abrir” el motor empieza a girar. Otro pulsador simula la apertura total de la persiana. Cuando lo presionamos el motor deja de girar. Luego si enviamos la acción “cerrar” el motor gira en sentido contrario hasta que presionemos el otro pulsador que simula el cierre total de la persiana.

El motor de continua está conectado a un interruptor inalámbrico con relé. La acción de abrir o cerrar se envía por Bluetooth desde el sistema central hacia este módulo actuador.

**Unidad Central.** Como unidad central se optó por un ordenador de escritorio o portátil. Su flexibilidad nos dejó abierta a muchas opciones como por ejemplo la interfaz de usuario y los componentes de entrada salida.

**Selección del PIC.** En los módulos hardware se utilizaron los PIC 16F628A y 16F6F88. El primero se utiliza en los actuadores y los segundos en los módulos sensores.

**Selecciones de software.** El software de la unidad central fue desarrollado en Java para aprovechar su portabilidad. En cuanto a la base de datos se utilizó archivos planos por tener pocos datos que almacenar. Además, se emplearon patrones de diseño de software como el State, Singleton, Singleton modificado y el Observer con el fin de resolver problemas concretos de diseño. Para el manejo de Bluetooth se usó la librería BlueCove (BlueCove) el cual es de licencia libre.

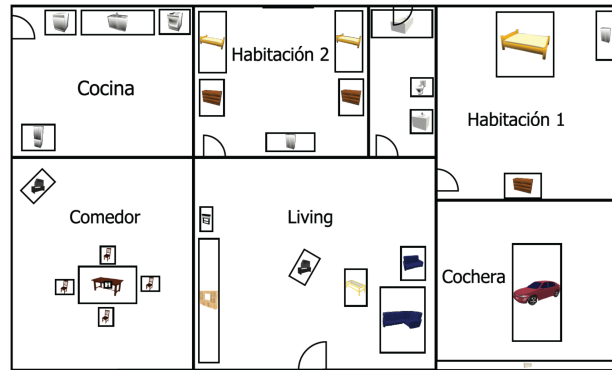
### 3 Propuesta

#### Prototipo

Se presentó la maqueta de una casa tipo el cual tiene funcionalidades de una casa domótica relacionadas con la seguridad y el confort. La maqueta cuenta con actuadores y sensores que cumplen la misma función que en una casa real.

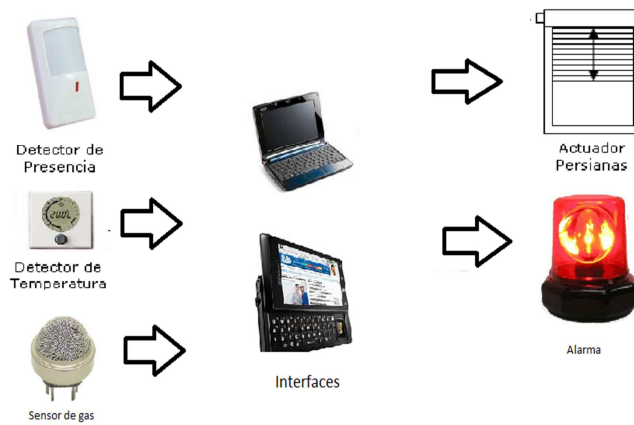
Además, tiene una Notebook como unidad central que está encargada de gestionar todo el sistema. Desde allí mediante un software, se puede instalar los módulos, configurar los sensores/actuadores y configurar las conexiones del servidor TCP/IP. También permite programar las escenas, temporizar dispositivos, manipular los actuadores, entre otros. Todas las funcionalidades del sistema se presentarán más adelante.

A continuación se muestra el plano de la maqueta no sin antes aclarar que el plano no tiene en cuenta un diseño arquitectónico, sino que busca mostrar la disposición de los elementos del sistema domótico cuyo funcionamiento se mostrarán en el prototipo.



Plano 1 de la maqueta. (Realizado en Smart Home 3D)

Este sistema domótico tiene una arquitectura centralizada y utiliza sensores-actuadores para lograr una seguridad patrimonial y personal. El sistema central recibe información de los sensores y envía acciones a los actuadores demostrando su funcionamiento. El esquema de esta comunicación se muestra en el siguiente esquema.



**Ilustración 3.1 Dirección del flujo de datos entre los sensores, actuadores y los terminales.**

Por razones de seguridad, el prototipo utiliza corriente continua de 12v como fuente de alimentación y no la corriente eléctrica convencional como sería en la realidad.

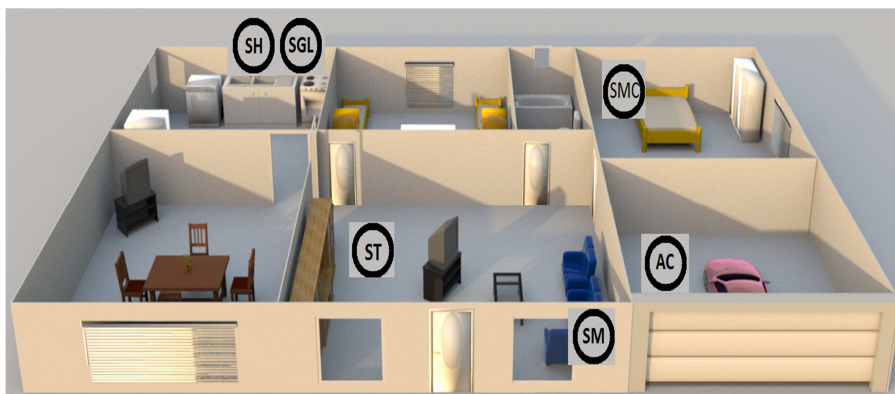
La comunicación entre el sistema central y los sensores-actuadores son de manera inalámbrica utilizando el protocolo Bluetooth como tecnología de comunicación. El alcance de esta comunicación es de hasta 100 metros en campo abierto y con una encriptación de datos de 128 bits.

Primero, el prototipo cuenta con un sensor de temperatura (ST) que constantemente actualiza los datos del sistema central quien comprueba si los valores están dentro de los normales. Si los valores medidos no son los normales, el sistema realiza una acción previamente configurada por el usuario, como por ejemplo, abrir las ventanas (AC).

Segundo, el prototipo tiene un sensor de movimiento (SM) que sirve de sistema de seguridad ante posibles intrusiones. Cuando el sensor de movimiento emite valores fuera de lo considerado normal, el sistema realiza acciones configuradas previamente, como por ejemplo activar un sonido de alarma (A) o encender todas las luces.

Por último, el sistema también cuenta con un sensor de gas (SG) y de monóxido de carbono (SMC). El gas puede ser licuado o gas natural. Ante valores anormales el sistema ejecuta una determinada programación la cual puede ser encender una sirena, abrir ventanas, entre otras. La apertura de ventana es demostrada mediante el uso de indicadores LED o el encendido de un motor de continua.

En el siguiente plano se muestra una perspectiva del prototipo. En ella se señalan las ubicaciones de los respectivos sensores y actuadores.



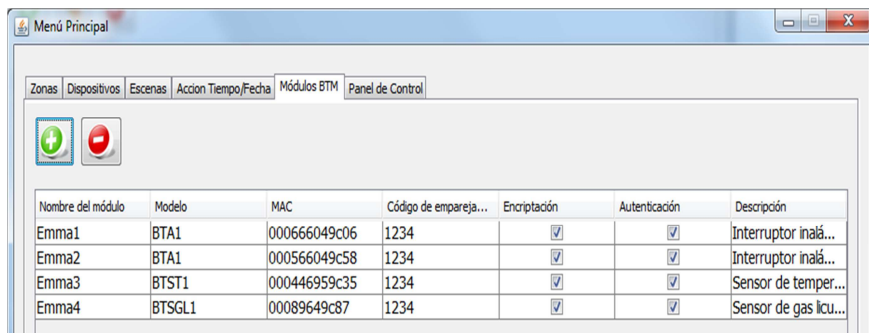
Plano 2. Mapa 3D de la maqueta (Realizado en Smart Home 3D)

**Requerimiento de usuario – Aplicación de escritorio.**

*Requerimientos funcionales*

1. Log in
2. Actualización de zonas
3. Actualización de módulos
4. Actualización de sensores
5. Actualización de escenas
6. Actualización de acción tiempo/fecha
7. Agregar uno o más trigger a un sensor
8. Actualización de interruptores
9. Control de interruptores mediante Bluetooth
10. Control de sensores mediante Bluetooth
11. A través de TCP/IP recibir comandos de control para manipular los actuadores
12. A través de TCP/IP recibir consultas del estado de los sensores
13. Configuración del servidor TCP/IP
14. Configuración de cuenta

**Interfaces de usuario.** En general el sistema esta dividido en 6 solapas que corresponden a las zonas el hogar, a un panel de configuraciones y unas solapas de administración para: los electrodomésticos del hogar, las escenas programadas, los temporizadores y los módulos hardware. A continuación se muestran estas interfaces para su mejor comprensión.



**Ilustración 3.2 Administración de módulos**

La administración de módulos comprende la instalación y desinstalación de los módulos hardware.

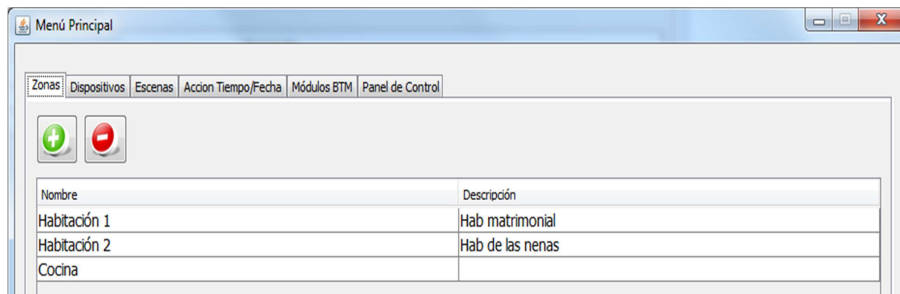


Ilustración 3.3 Administración de zonas

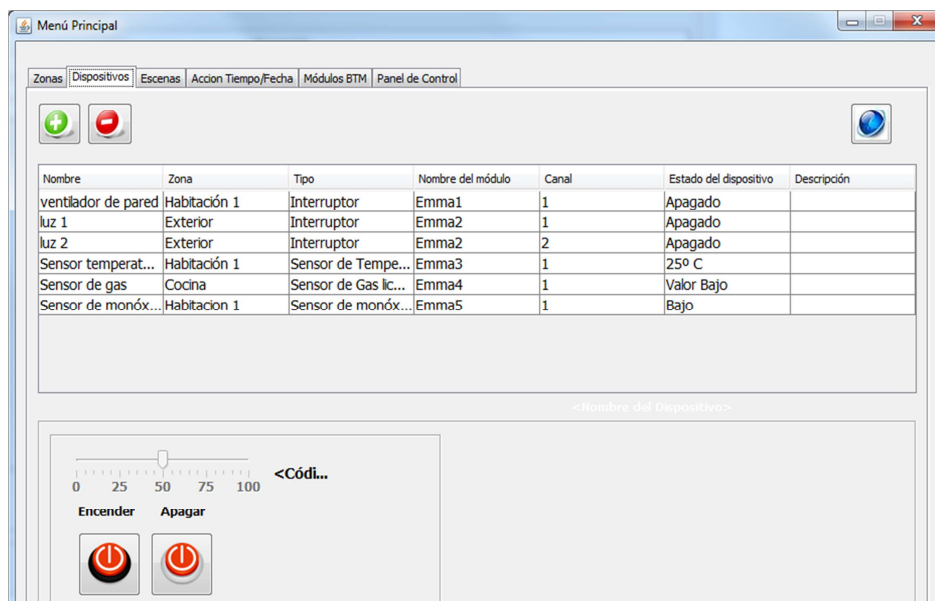


Ilustración 3.4 Administración de dispositivos

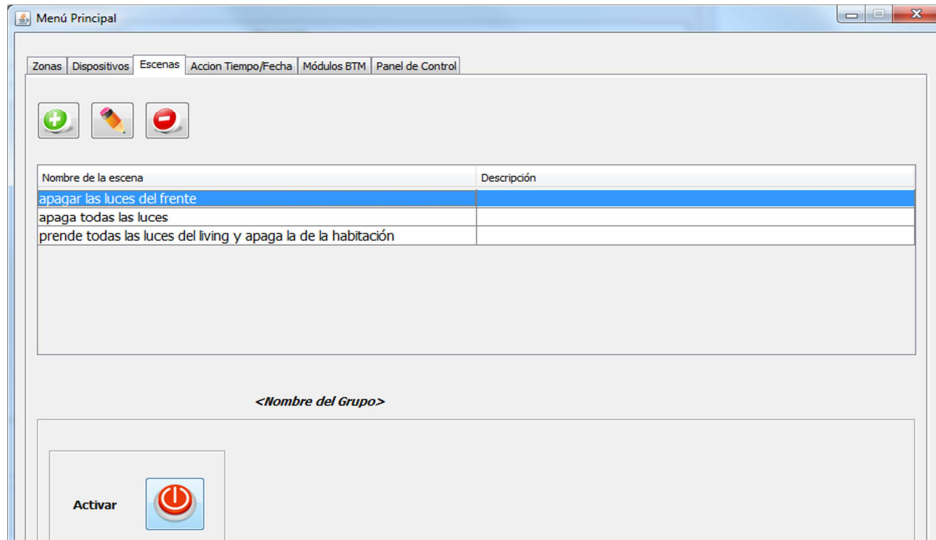


Ilustración 3.5 Administración de escenas

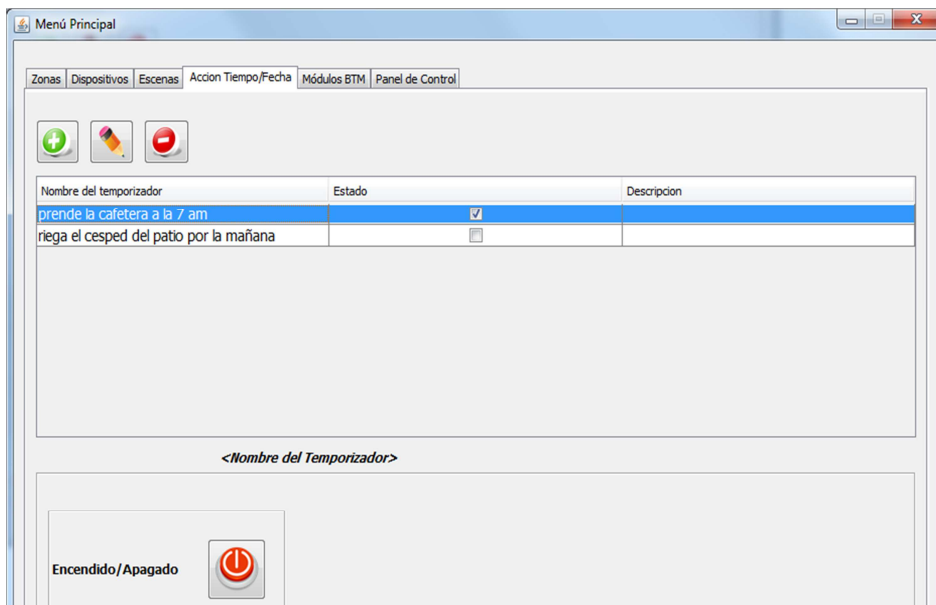


Ilustración 3.6 Administración de temporizadores



**Lista de costos y precios BTM.** La lista de costos de materiales está basada en los precios publicados en los catálogos de proveedores de Sparkfun Electronics (Sparkfun Electronics) y Elemon (Electrónica Elemon S.A.). En el caso de los costos de los módulos Bluetooth y los sensores de gas se tuvieron en cuenta el impuesto aduanero del 50% (en este porcentaje se encuentra el IVA entre otros aranceles y se aplica a usuarios finales).

A continuación se presentan una tabla de precios que corresponden a los productos de BT Manager. Estos precios están expresados en dólares tomando como referencia el valor del dólar a \$4.37 en la fecha 24/02/2012.

Producto	Costo materiales	Utilidad 50%	Precio por dispositivo	Precio de instalación	Precio final *
<b>Luces/tomacorrientes con triac 100 m.</b>	\$ 42,24	\$ 21,12	\$ 63,36	\$ 23,00	<b>\$ 86,36</b>
<b>Luces/tomacorrientes con triac 20 m.</b>	29,83	\$ 14,92	\$ 44,75	\$ 23,00	<b>\$ 67,75</b>
<b>Luces/tomacorrientes con rele 100 m.</b>	\$ 41,62	\$ 20,81	\$ 62,43	\$ 23,00	<b>\$ 85,43</b>
<b>Luces/tomacorrientes con rele 20 m.</b>	\$ 29,21	\$ 14,61	\$ 43,82	\$ 23,00	<b>\$ 66,82</b>
<b>Sensor de temperatura 100 m.</b>	\$ 39,13	\$ 19,57	\$ 58,70	\$ 23,00	<b>\$ 81,70</b>
<b>Sensor de temperatura 20 m.</b>	\$ 26,72	\$ 13,36	\$ 40,08	\$ 23,00	<b>\$ 63,08</b>
<b>Sensor de gas natural 100 m.</b>	\$ 43,82	\$ 21,91	\$ 65,73	\$ 23,00	<b>\$ 88,73</b>
<b>Sensor de gas natural 20 m.</b>	\$ 31,41	\$ 15,71	\$ 47,12	\$ 23,00	<b>\$ 70,12</b>
<b>Sensor de monóxido de carbono 100 m.</b>	\$ 47,11	\$ 23,56	\$ 70,67	\$ 23,00	<b>\$ 93,67</b>
<b>Sensor de monóxido de carbono 20 m.</b>	\$ 34,70	\$ 17,35	\$ 52,05	\$ 23,00	<b>\$ 75,05</b>
<b>Sensor de humo 100 m.</b>	\$ 40,41	\$ 20,21	\$ 60,62	\$ 23,00	<b>\$ 83,62</b>
<b>Sensor de humo 20 m.</b>	\$ 28,00	\$ 14,00	\$ 42,00	\$ 23,00	<b>\$ 65,00</b>
<b>Software BTM Desktop</b>			\$ 80,00		<b>\$ 80,00</b>
<b>Software BTM Droid</b>			\$ 15,00		<b>\$ 15,00</b>

\* Incluye instalación

**Tabla 2 Lista de precios de BT Manager**

## 4 Conclusiones

El propósito de este trabajo fue desarrollar el prototipo de un sistema domótico funcional con tecnología Bluetooth. En una primera instancia se hizo un abordaje sobre la domótica para luego hacer hincapié en los elementos que la componen. De esta manera se fue desarrollando, evaluando y seleccionando los elementos que conformarían dicho prototipo.

La seguridad patrimonial y personal fueron los servicios seleccionados para brindar en el sistema. Estos servicios fueron los más valorados de un sistema domótico según la encuesta presentada en el Seminario Final de Graduación (Bogado, Seminario Final de Graduación, 2012). El confort viene dado como consecuencia de la primera versión de BT Manager. Su integración hace posible que, con la programación adecuada, el sistema pueda contribuir al bienestar y la seguridad del hogar.

Por otra parte, se realizó una encuesta en Córdoba, donde se concluyó que la domótica es percibida como un servicio que mejora la calidad de vida de las personas pero que el principal inconveniente para adquirirlo es económico.

De esta manera, la problemática aquí planteada fue el factor precio. Éste fue el ingrediente básico por el cual se sustentan los componentes domóticos seleccionados para el prototipo. Estas elecciones impactaron en: la arquitectura, el medio de transmisión, el protocolo de comunicación, la arquitectura utilizada, el lenguaje de programación, la librería del protocolo, la base de datos, entre otros. Cabe destacar que todos los elementos del sistema fueron cuidadosamente seleccionados para brindar excelentes prestaciones.

Asimismo, se realizó un estudio de mercado acerca de los productos domóticos ofrecidos en el mercado local. Dicho estudio demostró que BT Manager, como producto nacional, ofrece mayores ventajas económicas de aproximadamente 10 veces menor.

Además, BT Manager no sólo es un producto más accesible sino que también es fácil de instalarlo ya que por ser inalámbrico no se necesitan instalar nuevos cables ni romper paredes como suele suceder en la mayoría de casos.

Actualmente el prototipo se encuentra terminado, probado con excelentes prestaciones y demostrado en el examen final de graduación del autor. Se pretende patentar el producto y buscar inversionistas para concretar su desarrollo final y ponerlo en marcha como emprendimiento.

Resumiendo, las distintas estrategias de software aplicadas y el minucioso proceso de evaluación y selección de los distintos elementos del sistema, nos permitieron obtener como resultado un producto que no solo satisface requerimientos de performance sino que ajusta a la problemática aquí planteada: el factor precio. De esta manera, podemos asegurar que BT Manager 2.0 será un producto competitivo en el mercado local.

### **Bibliografía**

- Areny, R. P. (2008). Sensores y acondicionadores de señal (Cuarta ed.). Barcelona, España: marcombo.
- BlueCove. (s.f.). Obtenido de <http://bluecove.org/>
- CEDOM. (02 de 09 de 2011). Asociación Española de Domótica. Recuperado el 02 de 09 de 2011, de <http://www.cedom.es>
- Java Bluetooth. (s.f.). Java Bluetooth. Recuperado el 09 de 10 de 2011, de [http://www.javablueetooth.com/development\\_kits.html](http://www.javablueetooth.com/development_kits.html)
- Java Bluetooth. (s.f.). Java Bluetooth. Recuperado el 09 de 10 de 2011, de <http://www.javablueetooth.com/chapter3.pdf>
- Morales, C. R., Vázquez Serrano, F., & de Castro Lozano, C. (2008). Domótica e Informática (Segunda ed.). Madrid: RA-MA Alfaomega.
- Parallax Inc. (s.f.). Parallax. Recuperado el 26 de 10 de 2011, de Parallax: <http://www.parallax.com>
- Sinclair, I. R. (2001). Sensors and Transductor (Tercera ed.). Gran Bretaña: Planta Tree.
- Solé, A. C. (2005). Instrumentación Industrial (Séptima ed.). Barcelona, España: marcombo S.A.
- Stalling, W. (2000). Comunicaciones y redes de computadoras (Sexta ed.). Madrid: Prantice Hall.
- Storey, N. (1995). Electrónica, de los sistemas a los componentes. Addison Wesley - Iberomaérica.
- USATEGUI, J. M., & MARTÍNEZ, I. A. (2003). MICROCONTROLADORES «PIC» Diseño práctico de aplicaciones (Tercera ed.). Madrid, España: Mc Graw Hill.

## 5 Apéndice

### 5.1 Hardware

**Introducción.** Un sistema domótico está formado por un controlador, una terminal, sensores que recolectan datos del ambiente (como la temperatura o la concentración de gas natural) y actuadores que realizan determinadas acciones como apertura de puertas, cierres de válvulas, entre otros. Los controladores, sensores y actuadores son los temas esenciales de esta sección.

**Controladores y terminales.** Los controladores son dispositivos encargados de gestionar el sistema domótico en general. Ellos reciben la información de los sensores y envían órdenes a los actuadores según la programación establecida.

Para que esto sea posible, el controlador debe contar con un hardware que permita recibir datos (hardware de entrada), un hardware que los procese (procesador), un hardware que sea capaz de enviar datos (hardware de salida) y un hardware capaz de relacionarse con el usuario (interfaz). Al conjunto de estos componentes se los denomina unidad de control.

La función del controlador depende de la arquitectura seleccionada. En arquitecturas centralizadas, este controlador por lo general suele ser un hardware específico, como es el caso del módulo de control de SIMON VIS o de ZEN de OMRON. Una de las características principales del controlador es el número de entradas y salidas las cuales pueden ser entradas digitales, entradas analógicas, salidas digitales y salidas analógicas.

Las entradas de los controladores permiten comunicarse con los sensores y recibir datos de éste. Estas entradas deben admitir el mismo tipo de señal que envían los sensores. Hay dos tipos de señales que utiliza el sensor: señales digitales o analógicas. Los sensores con señales digitales son del tipo todo/nada. Es decir, sólo tienen dos posibles estados. Los sensores con señales analógicas permiten transmitir valores que varían de forma continua entre dos límites.

Los sensores de temperatura son un ejemplo de sensores con señales analógicas. Los sensores de presencia son un ejemplo de sensores con señales digitales cuyos estados posibles pueden ser presencia o no presencia.

Las salidas de la unidad central sirven para enviar órdenes a los actuadores. Del mismo modo que los sensores, estos actuadores pueden recibir señales analógicas o digitales dependiendo del tipo.

Algunas electroválvulas admiten señales digitales, es decir, sus dos estados posibles son abierto o cerrado. También existen electroválvulas que admiten señales analógicas pudiendo regular el paso del fluido o del gas.

Las tarjetas de entrada y salida, ya sean analógicas o digitales, pueden ser parte de la unidad de control o también pueden venir en módulos separados para después conectarlo al controlador.

Las unidades de control cuentan con un procesador de datos que se encarga de decidir las acciones que se ejecutarán en función de los datos recibidos. Los tipos más comunes son los siguientes:

- ✚ Centrales microprocesadoras: Permite controlar las luces, la calefacción, escapes de gas y alarmas anti robos. Pero no permite digitalizar imágenes de video. Son fáciles de instalar pero pocos flexibles.
- ✚ Autómatas programables: Son ideales para una arquitectura distribuida ya que pueden actuar sobre el exterior según los datos que reciben y a la vez puede recibir órdenes de sistemas superiores. Sin embargo tienen poco espacio de almacenamiento, no tienen reconocimiento de voz, digitalización de imágenes, entre otros.
- ✚ Ordenadores: poseen procesadores muy rápidos, pueden ser programables en lenguajes de propósito general, capacidad de almacenamiento muy alta, comunicación entre otros ordenadores y son muy flexibles.
- ✚ Controladores embebidos: por lo general son un microcontrolador que acompaña al actuador o al sensor. Sin embargo, su implementación implica un mayor trabajo en el diseño.

Las terminales son un hardware que se conecta con el controlador y sirve de interfaz para que el usuario interactúe con el sistema domótico. Además permite registrar datos. Dependiendo del tipo de unidad de control, las terminales también pueden ser parte del controlador. Una de las interacciones más comunes tiene que ver con los controles diarios donde el usuario actúa con los elementos del sistema de forma directa, por ejemplo encender las luces.

Otra interacción es la configuración de la programación de escenas donde el usuario es quien define lo que quiere que haga el sistema. Los escenarios consisten en agrupar varios dispositivos con sus respectivas acciones en un solo comando. Así podríamos tener modo cine para que se atenúe la luz, se encienda la tele y se bajen las persianas, todas al mismo tiempo.

Otras configuraciones tienen que ver con la programación de alarmas y la configuración entre los pulsadores y los elementos actuadores. Estas configuraciones son efectuadas por técnicos especializados quienes utilizan un módulo especial para ello. Tal es el caso de los pulsadores que deben ser programados para funcionar con algún actuador o el caso de las acciones que se deben realizar en caso de que se active alguna una alarma.

Por su parte, los tipos de interfaces pueden ser el ordenador mismo o algún módulo que funcione como tal. Ejemplos de este último pueden ser las pantallas táctiles, sistema de reconocimiento de voz o alguna pantalla que pueda mostrar menús gráficos. Otros dispositivos pueden ser las PDA's, Palms, teléfonos móviles, tablets, notebook, netbooks, entre otros.

## 5.2 Sensores

Los sensores pueden ser utilizados con diferentes fines pero lo principal es que permiten medir magnitudes externas (físicas o químicas) para que se pueda tomar alguna decisión como resultado de esa medición. Estas magnitudes suelen ser la temperatura, humedad, intensidad lumínica, distancia, aceleración, torsión, caudal, inclinación, fuerza, deformación, desplazamiento, presión, concentración de gases, presencia de objetos, acústica, proximidad, tiempo, entre otros.

Como podemos ver, la variedad de magnitudes que pueden medir los sensores es muy amplia y tienen diferentes campos de aplicación. En el área de la domótica las magnitudes que generalmente nos van a ser de gran utilidad son la temperatura, humedad, intensidad lumínica, concentración de gas, nivel de agua, viento, clima y proximidad.

Los sensores que se utilizan en la domótica permiten al sistema saber lo que sucede a su alrededor. Son los encargados de acusar al sistema acerca de los peligros inminentes en el patrimonio o en la persona misma. A continuación se presentan los sensores utilizados en el área de la domótica.

**Temperatura.** Los sensores de temperatura pueden devolver tanto una salida binaria (indicando que la temperatura está por debajo o por encima del valor de umbral) o una salida entre un rango de valores.

Los instrumentos de temperatura suelen utilizar algún fenómeno que es influenciado por la temperatura. A pesar de la gran variedad de instrumentos los más utilizados son los termómetros de vidrio, termómetros de resistencia, termistores, termopares y de uniones *pn* que explicaremos a continuación.

*Termómetros de vidrio.* Está formado por un depósito de vidrio y en su interior contiene un líquido que se expande o contrae en el tubo capilar dependiendo de la temperatura a la que está expuesta. El rango de valores depende del líquido usado. Su ventaja principal es que los valores son visibles al usuario sin necesidad de otro mecanismo. Sin embargo, se hace compleja la transmisión de estos valores a circuitos eléctricos.

*Termómetros resistivos.* “Los detectores de temperatura basados en la variación de una resistencia eléctrica se suele designar con sus siglas en inglés RTD (Resistance Temperature Detector)” (Areny, 2008)

La resistividad de los materiales cambia con la temperatura. De esta forma podemos medir la resistencia eléctrica de una porción del material y compararla con su resistencia a una temperatura dada. La desventaja es que tienen baja sensibilidad, es decir, que al variar la temperatura la resistividad varía muy poco. En el caso de usar platino, se pueden conseguir mediciones de  $-150^{\circ}\text{C}$  hasta los  $1000^{\circ}\text{C}$ .

*Termistores.* Al igual que los resistivos, estos dispositivos cambian su resistencia con la temperatura. Utilizan materiales con altos coeficientes térmicos de resistencia para conseguir una sensibilidad mayor.

Existen dos tipos de termistores: termistores con coeficiente negativo de temperatura de resistencia (NTC por sus siglas en inglés) y termistores con coeficiente positivo de resistencia (PTC por sus siglas en inglés). En el primer caso, la resistencia disminuye al aumentar la temperatura. Por el contrario, los termistores PTC aumentan su resistencia al aumentar la temperatura.

La ventaja que tienen es que son económicos y fuertes. Sin embargo no son muy precisos.

*Termopares.* Cuando por alguna razón se unen dos metales diferentes, se produce una diferencia de potencial entre ellos. Para que este voltaje se pueda ver, una unión se mantiene a una temperatura constante (unión de referencia) y la otra (la de medición) se usa como sensor de la temperatura.

De esta forma, podemos calcular la diferencia de temperatura entre las dos uniones a partir de la diferencia en los potenciales termoeléctricos.

Algunos materiales permiten que se alcancen mediciones entre  $-200^{\circ}\text{C}$  y  $1800^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. Sin embargo requieren amplificadores que suelen ser caros para lograr mediciones precisas y además son susceptibles a los ruidos industriales.

*Unión pn.* Al dopar<sup>1</sup> un material semiconductor con impurezas se produce un exceso de portadores de cargas positivas (semiconductor de tipo p) o un exceso de portadores de cargas negativas (semiconductor de tipo n). Esta unión presenta una propiedad como un diodo semiconductor.

Si aplicamos una corriente fija, el voltaje en una unión semiconductor típica varía 2 mV por cada grado centígrado. Si adicionamos ciertos dispositivos podemos hacer que sea lineal produciendo una salida de voltaje de 1 mV por cada grado C.

Estos dispositivos son muy económicos, lineales y fáciles de usar. La desventaja que tienen es que el rango de valores están entre los -50° C y los +150° C. No lo hacen aptos para determinadas aplicaciones industriales, pero si queremos medir la temperatura del ambiente del hogar estos valores son más que suficientes.

**Humedad (higrómetro).** El control de la humedad adquiere importancia cuando queremos acondicionar el ambiente de un edificio como el hogar, restaurante, hospital, entre otros. También se suelen usar en ambientes protectores donde se realizan tratamientos térmicos como en secadores y humidificadores. Otro ejemplo es su uso en las industrias textiles para la conservación de fibras y para medir la humedad de la tierra para saber si hay que regarlas o no.

Existen varios métodos que se utilizan para medir la humedad del aire y de los gases. Para la medición de humedad de los sólidos existen varios métodos como el secado térmico, el método de la conductividad, el método de capacidad, el método de infrarrojos y el método de radiación. Por su parte, la medición de la humedad de los sólidos en la domótica se utiliza en los sistemas de riego.

*Sensor de polímero.* Uno de los tipos de sensores que usa este método consiste en una rejilla conductora con una base de poliestireno tratada con ácido sulfúrico. Cuando la humedad del ambiente varía, también lo hace la superficie de la base del sensor. Este fenómeno se da como consecuencia de que el radical sulfato ( $SO_4$ ) absorbe o libera los iones de hidrógeno que provienen de la humedad del ambiente.

Existen otros tipos de sensores donde la humedad da a lugar un cambio de capacitancia. Se utiliza un oscilador para convertirla en variaciones de frecuencias y mediante un microprocesador transformarla a una salida digital.

**Intensidad lumínica.** Otra magnitud que es utilizada en la domótica es la intensidad lumínica. Esto permite saber al sistema si en el ambiente hay determinado

---

<sup>1</sup> Dopar o doping: contaminar intencionalmente un material (Storey, 1995)



valor de luminosidad. Con esta información podemos ahorrar energía haciendo que las luces de determinado ambiente se apaguen para aprovechar la luz del día, o podemos reducir la luz en momentos en que estamos mirando alguna película.

Para medir esta magnitud existen dos tipos de sensores: los que generan electricidad al recibir iluminación y los que varían alguna de sus propiedades al estar bajo la influencia de la luz.

**Proximidad.** Los sensores de proximidad detectan la presencia de objetos cuando se encuentran cerca del elemento sensor. Su demanda en el hogar se atribuye a las necesidades de ahorro energético, confort y seguridad. En las industrias su principal uso va desde el recuento de los objetos hasta la comprobación de montaje defectuoso y comprobación de que ciertos objetos se encuentran en su correcta posición.

En lo referente al ahorro energético, se puede distribuir los sensores por los diferentes ambientes del hogar para que las luces se enciendan cuando alguien se encuentre en el perímetro. Posteriormente las luces se apagan cuando nadie se encuentre en la zona. De esta forma se evita que las luces estén encendidas sin necesidad.

Las personas discapacitadas motrices pueden utilizar estos sensores y evitar desplazarse hasta los interruptores para encender las luces. Esto aumenta su confort ya que se constituye en un facilitador<sup>2</sup> para ellos.

Los sensores de proximidad pueden colocarse en áreas determinadas para sondear movimientos cuando lo queramos. Cuando el sensor detecta algún movimiento puede activar una alarma.

Existen varias técnicas para detectar la presencia de un objeto: microswitches, sensores inductivos, sensores capacitivos, sensores ultrasónicos, sensores ópticos, sensores infrarrojos e interruptor/Magneto reed.

*Microswitches o microrruptores.* El método más simple de detección de proximidad de un objeto es la detección por contacto. En este caso un microswitch (o microrruptor) se conecta a una sonda para detectar la posición de un objeto.

Este método tiene la ventaja que no es afectado por el tipo de material. Sin embargo, el material debe tener suficiente masa para operar el mecanismo y además, no se deben dañar por el contacto.

---

<sup>2</sup> El término facilitador se refiere a cualquier mecanismo o dispositivo que permita mejorar la calidad de vida de las personas con capacidades especiales.

*Sensores de proximidad inductivos.* La inductancia de una bobina cambia considerablemente en presencia de un metal. En este principio se basan los sensores inductivos de proximidad.

La sensibilidad afecta a la distancia en que un sensor inductivo puede detectar un objeto metálico. Así por ejemplo, la distancia para el acero de carbono es entre 0.8-2 mm. Otros materiales tienen menos sensibilidad como el acero inoxidable, latón, aluminio y cobre.

Una aplicación de estos sensores podrían ser un contador y un sensor para botellas los cuales verifican que las capas de metal y etiquetas las de aluminio sean correctamente montadas y posicionadas.

Este tipo de sensor, también son útiles en máquinas herramientas como las prensas de moldeado mediante inyección. En este caso se usan para detectar el cierre de los moldes.

La ventaja de este tipo de sensor es que no necesitan tener contacto con el objeto a detectar. Otra ventaja es que operan sobre altas tasas de repetición que van desde 200 Hz a 2 kHz para los tipos de CC y 25Hz para los tipos de CA. Por otro lado, su desventaja es que sólo detecta objetos metálicos, su sensibilidad depende del tipo de metal usado y son mucho más caros que los microswitches.

*Sensores de proximidad capacitivos.* Los sensores de proximidad usan la capacitancia que existe entre una placa de metal y la masa (tierra). Esta cantidad puede ser alterada por la presencia de un objeto. En este caso, la capacitancia del condensador que hace de detector aumenta y pone en funcionamiento un oscilador, que anteriormente se encontraba inactivo. Luego el oscilador dispara el circuito de salida cambiando su estado entre encendido y apagado.

La ventaja de los sensores capacitivos de proximidad es que tienen un alcance de detección mayor que los sensores inductivos. Sin embargo, su principal desventaja es que tienen una tasa de repetición más baja que los sensores inductivos.

*Sensores de proximidad ultrasónicos.* Los sensores ultrasónicos están basados en la transmisión y reflexión de ondas sonoras. En este caso se emite la onda sonora y cuando el receptor lo recibe, se evalúa el tiempo que tarda para detectar su posición.

Los sensores ultrasónicos tienen 2 modalidades: diffuse-scan y through-scan. El rango más común del diffuse-scan es entre 100 y 800 mm para frecuencias de 20-8Hz. Para sensores ultrasónicos del tipo through-scan el rango es de 1 m.

En la domótica los sensores ultrasónicos suelen utilizarse para detectar ruptura de cristales, como en el caso de ventanas. También suelen combinarse con los sensores PIR como elemento de comprobación redundante para detectar presencia de objetos.

*Sensores ópticos.* Los sensores ópticos de proximidad tienen las siguientes modalidades:

- ✚ through-scan: tiene un emisor y un receptor, uno en cada lado del objetivo. Crea una barrera de luz que cuando pasa un objeto, corta el haz evitando que el receptor lo reciba.
- ✚ retroreflective-scan: combina el emisor y el receptor utilizando un espejo como elemento reflectivo. El emisor emite el haz, se refleja en el espejo y lo recibe el receptor. Cuando un objeto atraviesa el haz, lo corta impidiendo que el receptor siga recibiendo.
- ✚ diffuse-scan: combina el emisor y el receptor con una luz reflejada desde el objeto mismo. El transmisor emite el haz de luz y se pierde en el espacio. Sin embargo, en presencia de objetos el receptor recibe la luz difusa como consecuencia de la reflexión de luz sobre el objeto.

Generalmente la fuente de luz es un LED de color rojo o infrarrojo. El de tipo rojo es más fácil configurarla sobre todo cuando las distancias son muy largas. En cambio, los de tipo infrarrojo son menos vulnerables a las interferencias de otras fuentes de luces.

El rango de este tipo de sensores podrían ser de 15 m para los del tipo through-scan, 7 m para los de tipo retroreflective-scan y de 700 mm para los de diffuse-scan. En el caso de los dos primeros modos, su detección se basa en que el objeto corte el haz de luz. Por su parte, el diffuse-scan puede ser usado para determinar la aproximación de un objeto a lo largo del haz tan pronto como éste lo corte.

*Interruptor/Magneto reed.* Son sensores robustos y muy simples. El interruptor está abierto (o cerrado) cuando la parte magnética (que lo genera un imán) está dentro del alcance, que por lo general suelen ser unos pocos milímetros. Cuando la parte magnética es retirada, el interruptor cambia de estado.

Son muy utilizados en sistemas de alarmas contra robos y se suelen ubicar en puertas y ventanas. De esta manera cuando la ventana o la puerta se abren, el interruptor cambia de estado.

*Sensores infrarrojos.* Los sensores PIR (pasive infrared) son dispositivos piroeléctricos más populares en sistemas de alarmas hogareñas, sobre todo por su bajo



costo. Éstos detectan los cambios en los niveles del haz del infrarrojo generados por los objetos circundantes.

Cuando un movimiento es detectado, el sensor PIR emite una señal de alto en su pin de salida. Esta salida analógica puede ser capturada por un microcontrolador para efectuar alguna acción en consecuencia. Estos tipos de sensores, tienen un alcance entre 3,5 metros y 7 metros.

**Sensores de humo y fuego.** Los sensores de humo deberían estar ubicados en áreas críticas como las habitaciones para dormir y las zonas propensas al fuego, como es el caso de una cocina en un hogar o en las calderas en el caso de una industria.

En los edificios domésticos, los detectores de humo son más importantes que los detectores de fuego por cambios de temperatura. Esto se debe a que el efecto asfixiante del humo de los plásticos de espuma como el PVC, es la principal causa de muerte en los incendios domésticos.

Existen dos tipos principales de detectores de humo:

-  Detectores de ionización
-  Ópticos

Los detectores de ionización detectan el aire ionizado por el fuego, incluso cuando el humo todavía es pequeño o no es visible. Generalmente, este tipo es el más utilizado en las industrias. Este detector se basa en una fuente radioactiva con un nivel de actividad muy baja y son más adecuados para detectar el fuego antes que el humo.

Los detectores ópticos de humo se basan en el efecto Tyndall de dispersión. Cuando un rayo de luz atraviesa el aire limpio, la luz es invisible. Sin embargo, en presencia de humo, la luz se dispersa aleatoriamente por las pequeñas partículas de humo y se puede apreciar cierta cantidad de luz visible.

En ausencia de humo, en un típico detector óptico de dispersión, el haz de luz proveniente de un LED no ilumina a la fotocélula. Pero cuando el humo se hace presente, la luz dispersada por las partículas de humo causa un incremento de la intensidad de luz que llega a la fotocélula. Esto activa una salida que puede operar una alarma.

**Gas.** Los datos que podemos obtener en cuanto a los gases pueden basarse en el movimiento, temperatura o composición de los mismos.

En el área doméstica la información sobre la velocidad del viento se usa como medida meteorológica para prevenir la ruptura de los toldos y/o ventanas como

consecuencia de vientos muy fuertes. En estos casos los toldos y las ventanas se podrían cerrar automáticamente.

Sin embargo, la utilidad más importante en el área doméstica y en muchas otras aplicaciones, es la información sobre la composición de ciertos gases. En forma general, estos tipos de sensores se basan en células que hacen catálisis y cuyas salidas es una fuerza electromotriz. También pueden utilizar el efecto que ocasiona la absorción del gas sobre un cristal de cuarzo. En este caso el cuarzo es parte de un circuito oscilante.

El interés de saber su composición es prevenir la liberación deliberada de los gases inflamables y de los que pueden llegar a ser fatales. En el hogar los gases inflamables que se necesitan controlar son el gas natural (metano) y el gas licuado a presión (GLP) (constituido por butano y propano).

Por su parte el monóxido de carbono es un gas que cuando uno lo aspira en niveles elevados, podría causar la muerte en minutos. Las personas embarazadas, bebés recién nacidos, niños, personas mayores, personas con problemas cardíacos, con anemias o problemas respiratorios son las más sensibles al envenenamiento por monóxido de carbono.

Este gas se produce por la combustión de materiales como el gas, gasolina, kerosene, carbón, petróleo o madera. Generalmente en los hogares los artefactos que producen el CO son las calderas, las chimeneas y calefones. También las estufas o cocinas en mal funcionamiento.

### 5.3 Actuadores

Los actuadores forman parte del sistema domótico y son los encargados de realizar algún cambio físico. En algunos casos esta orden proviene de un controlador, como consecuencia de un proceso automático o manual (ocasionada por el usuario).

Entre los actuadores tenemos los relés, las electroválvulas, los motores eléctricos y los reguladores o dimmers.

**Relé.** Los interruptores (switch) permiten cerrar o abrir un circuito eléctrico. Los más comunes requieren del contacto físico para lograrlo. Otros requieren alguna señal de baja potencia para conmutar el circuito. Estos últimos son llamados relé.

Algunos relés admiten control inalámbrico. En este caso una señal de radio llega al receptor del relé, interpreta la señal y actúa en consecuencia.

**Electroválvulas.** Una válvula es un elemento de control que sirve para alterar el flujo de un determinado líquido o gas a través de un conducto. Las electroválvulas pueden ser controladas mediante una señal eléctrica externa.

En los sistemas domóticos las electroválvulas controlan el pase del gas natural, el aire acondicionado o del agua. De esta manera, ante una detección de una pérdida de agua o gas se puede cerrar el conducto correspondiente.

Los tipos de válvulas son muy diversos y su estudio está fuera de contexto de este marco. Basta con saber que existen elementos que permiten controlar el caudal de agua o de gas y que pueden ser controlados mediante un simple interruptor para abrir o cerrar el paso de la corriente.

A las electroválvulas se le pueden adaptar el interruptor inalámbrico que se describió anteriormente. Esta acción puede ser manual o automática. La acción manual la realiza el usuario. La acción automática lo realiza un controlador (una PC o Tablet) que lo activa como consecuencia de alguna programación.

Este interruptor es el mismo que se utiliza para las luces o artefactos eléctricos. Cuando se envía una acción de cerrar, el motor de la electroválvula se encenderá hasta interrumpir el flujo de agua o aire.

Dos escenarios de ejemplo para una arquitectura centralizada son los siguientes:

- ✚ El controlador detecta que los valores que acusa el sensor de gas natural son elevados. El controlador envía una señal de cierre al interruptor que controla el servomotor de la electroválvula de gas natural. También puede activar una sirena o abrir ventanas para lograr ventilación.
- ✚ Desde el exterior de la casa, un usuario puede consultar la temperatura ambiente. Si la temperatura es alta, puede activar de manera remota el interruptor que controla la electroválvula del aire acondicionado.

Cuando el interruptor o relé recibe una acción de cerrar, el motor de la electroválvula se encenderá hasta interrumpir el flujo de agua o aire.

**Motores eléctricos.** Los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en mecánica. Además de su uso en ventiladores eléctricos, también se utilizan en bombas de agua, en ventanas, cortinas, puertas, portones y cocheras.

Los tipos más comunes de motores son los de corriente continua. Son rápidos y precisos. Los motores de corriente alterna son muy potentes y funcionan directamente con la red de suministro eléctrico del hogar.

Existe un tipo de motor denominado motor tubular, los cuales se utilizan para automatizar persianas y toldos. En la instalación del motor tubular se deben configurar los finales de carrera que son las posiciones máximas donde el motor se detiene. Por lo general son internos donde se usan unos tornillos para regular las condiciones de freno. Otros tipos de motores tienen finales de carreras externo y usan pulsadores que necesitan del contacto físico para impedir que el motor siga funcionando.

Por lo general, el motor tubular tiene 4 cables: subida, bajada, neutro y tierra. El interruptor manual se encarga de cerrar el circuito para la apertura o cierre de la persiana. Luego los finales de carrera se encargan de frenar cuando llegue a su límite.

A los motores tubulares también se le puede agregar un interruptor inalámbrico compatible con el sistema propuesto. Adicionamos un relé que se conecta al microcontrolador. Este último estará comunicado al módulo bluetooth mediante USART, tema que profundizaremos más adelante. El cable de subida o bajada del motor, estará conectado a los contactos de normal abierto (NA) o normal cerrado (NC) del relé.

De esta manera según la señal que el micro le envíe al relé, el circuito cerrará para la bajada o la subida de la persiana. El motor se detiene cuando así lo señalen los finales de carrera.

Las instrucciones de cerrar o abrir pueden darse de manera manual o como consecuencia de alguna programación. Por ejemplo, cuando se active la alarma de monóxido de carbono, además de sonar la sirena, se abren las ventanas para lograr una ventilación. Lo mismo puede ser para el caso de que suene la alarma de incendios.

Con respecto a los motores de los garajes, el funcionamiento es el mismo que en los motores tubulares. Dependiendo del tipo, el motor tiene finales de carreras internas o externas.

**Reguladores o dimmers.** Estos dispositivos permiten regular la potencia que le llega a una carga. Dentro del hogar se pueden utilizar con el objetivo de regular la intensidad de las lámparas. Sin embargo hay que tener en cuenta que no todas las lámparas pueden ser reguladas. Las lámparas incandescentes pueden ser reguladas directamente. Los tubos fluorescentes necesitan de un balasto adicional para poder regular la intensidad. Sin embargo las lámparas de bajo consumo no pueden ser reguladas.