

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES

**Gestión de una casa de descanso
por medio de la red de telefonía móvil**

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADAS EN
INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS
Y DE TELECOMUNICACIONES

P R E S E N T A N

**JOHANA COYOTE MARTÍNEZ
JUDITH YOALY ARAIZA OLVERA**

D I R E C T O R

M. en C. Jaime Pedro Abarca Reyna

Ciudad de México, septiembre de 2018.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

Agradecimientos



A mis padres Martin Fidel Araiza y Laura Olvera, quienes son el pilar de lo que soy y quienes me estimularon para la culminación de este proyecto.

A mis hermanas Karla Araiza Olvera y Yutzil Araiza Olvera quienes me apoyaron para la terminación de este proyecto, mi sobrino Martin Jesús Delgadillo que ha sido gran parte de mi motivación para continuar.

A un amigo muy especial Sebastián Alejandro Sierra Alanís quien me brindó su compañía.

A mi compañera Johana Coyote Martínez con la que formé equipo para los proyectos a lo largo de los semestres y con quien elaboré este trabajo final.

Agradecerle al profesor Jaime Pedro Abarca Reyna quien nos apoyó en la realización de este trabajo, además me brindo conocimientos al igual que los profesores Oscar René Valdez, Patricia Hong y Luis Enrique Aranda.

Gracias a la Universidad Autónoma de la ciudad de México quien me brindó la oportunidad de obtener un Título de Licenciatura.

Judith Yoaly Araiza Olvera.

Una etapa maravillosa en mi vida concluye, pero a su vez, una nueva comienza con la presentación de este proyecto. El logro no solo es mío, también es de aquellas personas valiosas que han estado y seguirán en mi vida.

La persona más importante en mi vida, la mujer que más admiro y que amo, mi Mom Paula Martínez Paez, siempre creyó en mí para culminar esta etapa en mi vida.

A mi hermana María de los Ángeles Coyote Martínez quien fue mi ejemplo a seguir, gracias por el apoyo, por los ánimos y regaños, gracias por motivarme a iniciar y concluir una carrera profesional, infinitas gracias.







A mi amiga y compañera Judith Yoaly Araiza Olvera, fue magnífico estudiar el ciclo superior a su lado y trabajar juntas en este proyecto, nos costó pero lo logramos.

A mi profesor y director de tesis Jaime Pedro Abarca Reyna, por brindarnos su confianza, por creer en nuestra capacidad y sobre todo por querer formar parte de este proyecto. Gracias.

Johana Coyote Martínez

Objetivos



-  Investigar lo relacionado a las generalidades de la domótica.
-  Estudiar el principio de funcionamiento de los sensores de proximidad, humedad y nivel.
-  Investigar los fundamentos de la red de telefonía móvil GSM.
-  Seleccionar y configurar los sensores adecuados para el sistema de domótica.
-  Gestionar el sistema de forma local.
-  Gestionar el sistema vía la red de telefonía móvil GSM.

Introducción



Hoy en día, se vive en un mundo rodeado de tecnología, su influencia en la sociedad es notable. La utilización de ésta ha contribuido a facilitar la vida del ser humano; pero a su vez, se sabe que la tecnología es dinámica y evolutiva, es decir, va cambiando constantemente.

A través del tiempo se ha logrado alcanzar niveles importantes en el perfeccionamiento de métodos y técnicas para la resolución de diversos problemas que afectan a la sociedad. Además, en la actualidad la sociedad no puede vivir sin tecnología, es totalmente dependiente de ella, y es por ello que en el presente trabajo se propone el desarrollo de un sistema que facilite las actividades relacionadas al hogar. Su principal objetivo es monitorear y mantener las condiciones mínimas en las instalaciones de una casa, en específico, una casa de descanso. Se propone monitorear cuatro servicios importantes: la iluminación en el interior de la casa, el nivel de agua de una cisterna, la humedad en el jardín y, la más importante, la seguridad de la casa. Todo esto por medio de la red de telefonía móvil GSM.

Cabe hacer mención que la propuesta de este proyecto fue específicamente para una casa de descanso ubicada en algún lugar en provincia, pero se pueden aplicar para diversas necesidades como por ejemplo: para personas con discapacidades que les impida hacer labores del hogar, para personas mayores que por salud y cuidado ya no deban hacer dichas actividades, entre otras.

El trabajo está estructurado de la siguiente forma.

En el capítulo 1 se presenta un panorama de la domótica y su definición; su importancia de la domótica en la vida cotidiana, se hace una descripción de las primeras tecnologías aplicadas y se finaliza con los pilares de ésta orientados a una casa de descanso.

Para el capítulo 2 se describe, de forma teórica, el funcionamiento y características de los sensores utilizados en este trabajo.

En el capítulo 3 se describe la tecnología GSM, la arquitectura de la red, y sus características técnicas.

En el capítulo 4 se hace mención de la configuración y selección de los distintos sensores que se utilizaron, tales como: PIR, sensor de humedad y sensor de nivel. Se mencionan los distintos parámetros a gestionar en la casa de descanso.

En el capítulo 5 se presenta la integración del sistema gestionado de forma local y remota vía la red de telefonía móvil GSM.

Finalmente se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

Contenido



CONTENIDO

Agradecimientos.	II
Objetivos.	V
Introducción.	VII
Contenido.	XI

Capítulo 1

La domótica como innovación del futuro.

1.1. Introducción.	2
1.2. Historia de la domótica.	2
1.3. La domótica como necesidad del ser humano.	7
1.4. Pilares de la domótica.	8

Capítulo 2

Características fundamentales de los sensores.

2.1. Introducción.	13
2.2. Características generales de los sensores.	14
2.3. Sensores de proximidad.	16
2.4. Sensores de humedad.	25
2.5. Sensores de nivel.	29

Capítulo 3

Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM).

3.1. Introducción.	34
3.1. Arquitectura de la red.	35
3.3. Canales.	37

3.3.1. Canales físicos.	38
3.3.2. Canales lógicos.	39

Capítulo 4

Selección y configuración de los sensores.

4.1 Parámetros a monitorear en la casa de descanso.	44
4.2. Iluminación en el interior de la casa.	45
4.3. Nivel de agua de la cisterna.	48
4.4. Humedad de la tierra en las áreas verdes.	52
4.5. Seguridad en la casa de descanso.	57

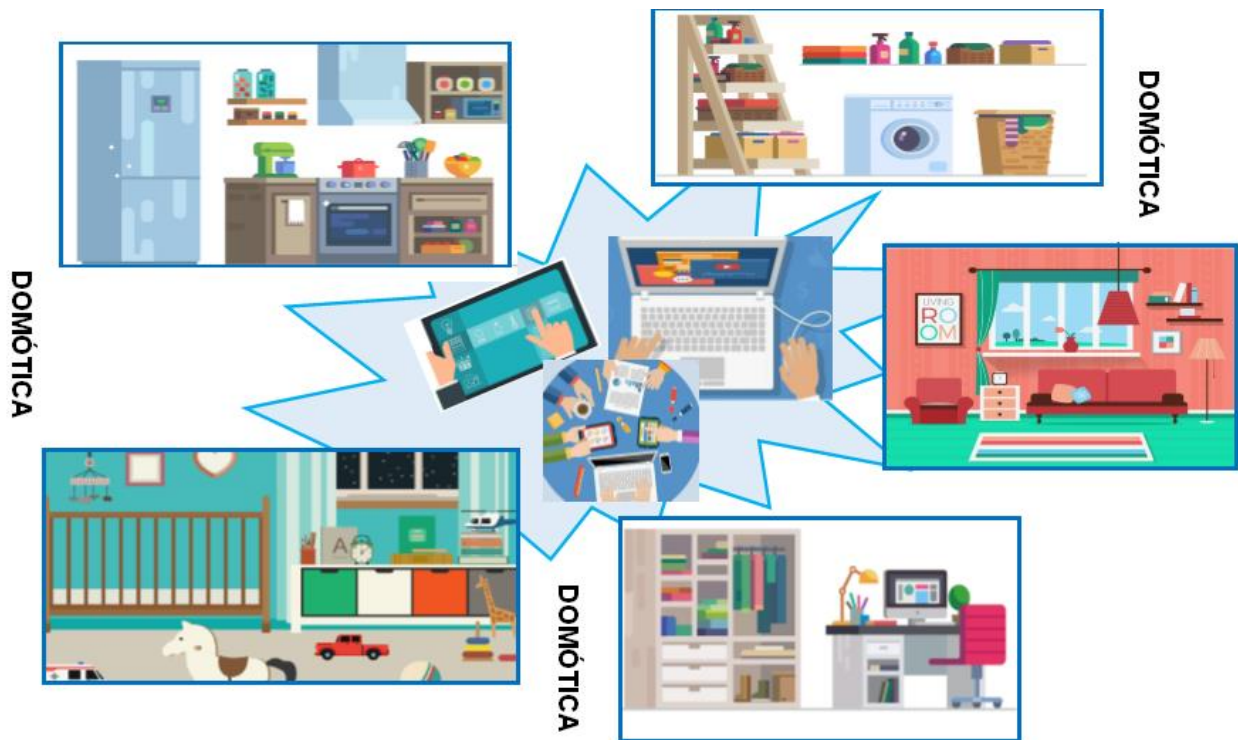
Capítulo 5

Integración del sistema.

5.1. Red de telefonía móvil GSM.	69
5.2 Selección de módulo GSM.	69
5.3 Modulo GSM SIM900.	71
5.3.1 Descripción.	71
5.3.2 Características.	72
5.3.3. Configuración.	73
5.4 Integración del sistema.	81
5.5 Protocolo de pruebas.	82
5.6. Manual del usuario.	88
5.3. Costos del sistema.	91

Conclusiones y trabajo a futuro.	94
Siglas y acrònimos.	100
Referencias	103

Capítulo 1



La domótica como innovación del futuro

1.1. Introducción.

La tecnología aplicada al hogar, conocida como domótica, integra automatización, informática y nuevas tecnologías de comunicación, todas estas dirigidas a mejorar la comodidad, seguridad y el bienestar dentro del hogar. Los avances tecnológicos han contribuido al desarrollo de la domótica para cumplir con los objetivos de ésta.

La domótica tiene un impacto positivo en nuestra comodidad y seguridad, pero además nos permiten estar en permanente comunicación con algunos servicios del hogar.

El término domótica, proviene del latín *domus* 'casa' y *automática*. Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda. [1]

Entonces, la domótica tiene elementos indispensables para su funcionamiento. El más importante es la comunicación humano-tecnología, es decir, que el sistema a gestionar (casa) se comunique con la persona, y así el sistema de domótica realice las acciones solicitadas.

1.2. Historia de la domótica.

La electricidad ha permitido elevar el nivel de confort en las casas y ha dado paso a la entrada de electrodomésticos, figura 1.1. Todos estos equipos son capaces de realizar tareas cotidianas, elevando nuestro nivel de confort. Pero todos estos electrodomésticos últimamente se han desarrollado en base a la electrónica, que permite realizar programaciones o rutinas que regulan cada proceso.

La domótica inicia a principios de la década de los setentas, cuando aparecieron los primeros dispositivos de automatización en edificios. Pero fue en la década de los ochentas cuando los sistemas integrados se utilizaron para desarrollarse en el aspecto doméstico [2]. Es cuando la domótica consigue integrar dos sistemas: el eléctrico y el

electrónico; con el objetivo que la casa sea capaz de detectar la presencia de personas, control de jardines, la iluminación y reaccionar por sí sola, es decir, regular el clima, encender y apagar la iluminación y activar la alarma. Adicionalmente, debe ser capaz de comunicarse e interactuar con el usuario a través de internet, telefonía móvil o telefonía fija. Y todo con el fin de lograr confort, ahorro energético, comunicación y, sobre todo, seguridad en el hogar.

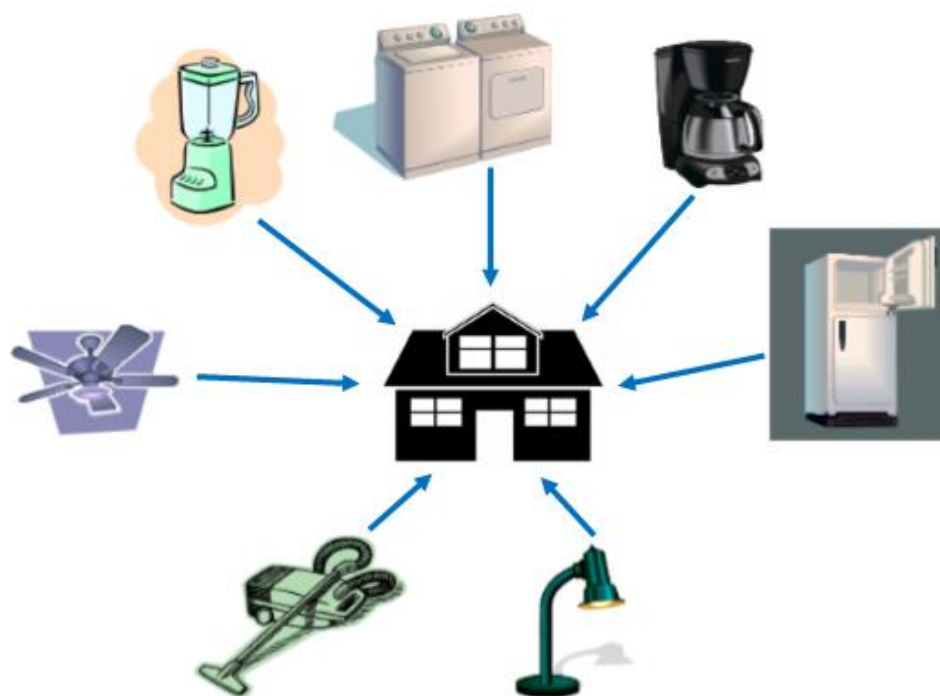


Figura 1.1. El suministro de la energía eléctrica en el hogar, dio paso al confort.

El desarrollo de dichos sistemas en aquellos años permitió la expansión, pero sobre todo en países de vanguardia como Estados Unidos, Alemania y Japón, Corea del Sur este es sede de empresas líderes en tecnología domótica, además de ser el mayor mercado a nivel mundial. Estos sistemas funcionaban con la tecnología x10, que utiliza como medio de transmisión la red eléctrica para enviar las órdenes para la gestión de la casa. Cabe destacar que la tecnología x10 se desarrolló entre 1976 y 1978 en Glenrothes,

Escocia, por ingenieros de la empresa Pico Electronics Ltd. Esta empresa comenzó a desarrollar el proyecto con la idea de obtener un circuito que se pudiera implementar en un dispositivo controlado remotamente. Su funcionamiento se basa en la utilización de la red eléctrica existente en cualquier tipo de edificio, casa u oficina, como medio físico para la comunicación interna de los distintos componentes del sistema domótico.

En el año 1984, en Estados Unidos surgió el protocolo de comunicación CEBus (*Consumer Electronics Bus*), un estándar aún vigente y que fue desarrollado por la Asociación de Industrias Electrónicas (*EIA-Electronic Industries Association*). Este estándar surgió cuando la EIA se propuso unificar los protocolos de señalización infrarroja para el control remoto de electrodomésticos, y para 1992 el estándar se había extendido a todo el ámbito de control domótico.

El estándar EHS (*European Home System*), fue desarrollado en Europa en el año de 1984 para crear una tecnología que permitiera la implementación de la domótica en el mercado residencial. La tecnología está basada en el modelo de referencia OSI. El objetivo de EHS es cubrir las necesidades de automatización de la mayoría de las viviendas europeas para propietarios que no pueden permitir el lujo de usar sistemas más caros (como LonWorks o BatiBus).

Para el año 1988 Echelon Corporation presentó la tecnología LonWorks, es un protocolo líder en soluciones para sistemas de automatización de edificios, también conocido como BMS. Desde entonces, multitud de empresas utilizaron esta tecnología para implementar redes de control distribuidas y automatización. Es un protocolo diseñado para cubrir los requisitos de la mayoría de las aplicaciones de control: edificios de oficinas, hoteles, transporte, industrias, vivienda, etcétera. El protocolo LonWorks se encuentra

homologado por las distintas normas Europeas (EN-14908), de Estados Unidos (EIA-709-1) y China (GB/Z20177-2006) así como por el estándar europeo de electrodomésticos CEDEC AIS. Ofrece una solución con arquitectura descentralizada, extremo a extremo (*peer to peer*), que permite distribuir la inteligencia entre sensores instalados en la vivienda y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control.

Después aparece BatiBus, que fue introducido por primera vez en el año de 1989 y fue desarrollado por la empresa francesa Merlin, es un protocolo de domótica. A nivel de acceso, este protocolo usa la técnica CSMA-CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) similar a Ethernet, pero con resolución positiva de las colisiones, es decir, si dos dispositivos intentan acceder al mismo tiempo al bus ambos detectan que se produce una colisión, pero solo aquel que tiene prioridad continúa transmitiendo y el otro deja de poner señal en el bus. Esta tecnología se basa en el par trenzado, y por lo tanto la instalación se puede hacer en diversas topologías: bus, estrella, anillo, árbol o cualquier combinación de estas.

En el mismo año 1989, se desarrolla EIB (*Europram Installation Bus*) es un sistema domótico desarrollado en la Unión Europea con el objetivo de contrarrestar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo desde el mercado japonés y el norteamericano, ya que estas tecnologías se han desarrollado antes que en Europa. El EIB está basado en el modelo OSI y tiene una arquitectura descentralizada, donde todos los dispositivos que se conectan al bus de comunicación de datos tienen su propio microprocesador y electrónica de acceso al medio.

En 1999 las asociaciones Internacionales EIBA (*European Installation Bus Association*) y EHSA (*European Home System Association*) decidieron unirse para crear la asociación KONNEX, que después paso a llamarse *KNX Association*. Se unieron con el objetivo de crear un único estándar europeo y abierto KNX para aplicaciones de domótica e inmótica¹ y consolidar la marca KNX como símbolo de calidad e interoperabilidad entre distintos fabricantes. Se partió de los sistemas EIB, EHS y BatiBus, un único estándar europeo que fuera capaz de competir en calidad y precios con otros sistemas como el Lonworks o X10. [2]

Otro de los participantes en el desarrollo de la domótica fue Ken Sakamura en 1990, un profesor de ciencias de la informática en la Universidad de Tokio quien apoyándose en un grupo de compañías japonesas fabrico una casa piloto: *The Real Time Operating System*. Una casa de 400 metros cuadrados de construcción con arquitectura moderna que poseía funciones tales como: iluminación, calefacción, aire acondicionado, agua caliente y fría, equipo de higiene personal, entretenimiento y seguridad, entre otros. En el año de 1991 dicha casa fue abierta al público. Esta casa intentaba ofrecer la visión de lo que sería la vida en el futuro con la era de la información. El objetivo de esta casa fue proporcionar el máximo confort y seguridad para los ocupantes del inmueble. [3]

Al paso del tiempo se fueron desarrollando nuevas tecnologías, y en 2003, las viviendas domotizadas de los Estados Unidos prevaleció la seguridad, al contrario de Europa en donde prevalecen los criterios ambientales y de confort.

En el año 2004 se considera el confort, la seguridad, comunicación y la gestión de la energía como los cuatro grandes campos de aplicación de la domótica.

Los países líderes en el desarrollo de la tecnología de domótica son: Estados Unidos seguido de Japón, Corea del Sur es sede de empresas líderes en tecnología domótica, además de ser el mayor mercado a nivel mundial.

La mayor actividad tecnológica se registra en los años 2006, 2007 y 2008 representando un 41.1 % del total de patentes registradas en domótica. [3]

Hoy en día la domótica está cada vez más presente en nuestras vidas y lo que hace algunas décadas parecía algo del futuro, hoy es completamente normal al alcance de todo el mundo. Cualquier casa o establecimiento puede tener un dispositivo o una red domótica para desempeñar diferentes funciones.

1.3. La domótica como necesidad del ser humano.

Hoy en día las personas se encuentran en un medio de total estrés con actividades cotidianas de carácter voluntario o por necesidad que absorben su tiempo.

Enfoquémonos en una casa de descanso, un lugar ideal para descargar el estrés en el que se encuentran las personas que habitan en la acelerada ciudad. Las casas de descanso están caracterizadas por estar ubicadas en ciertos lugares donde la tranquilidad es el principal elemento, como se muestra en la figura 1.2.



Figura 1.2. Casa de descanso, caracterizada por estar ubicada en cierto lugar donde la tranquilidad es el principal elemento.

Las personas que acceden a estas viviendas buscan comodidad, pero, sobre todo, olvidarse de las necesidades básicas del hogar, tales como el cuidado del jardín, niveles de agua en la cisterna, la iluminación y la seguridad del inmueble durante su ausencia.

El sistema de domótica debe brindar facilidad de uso para el usuario, comunicación entre casa-persona, dicha comunicación debe ser mediante una tecnología de acceso factible y común hoy en día.

1.4. Pilares de la domótica.

La instalación de un sistema de domótica proporciona beneficios y ventajas con respecto a una vivienda tradicional, como ya se dijo, las principales razones para instalar un sistema domótico [4] son:

- Seguridad.
- Comunicación.
- Ahorro energético.
- Confort.

Estos cuatro pilares, como se muestra en la figura 1.3, son la base de todo sistema de domótica, independientemente de la tecnología utilizada.

En cuanto a la seguridad, podríamos dividirla en dos tipos: de desastre y de intrusión. La seguridad de desastre se refiere a con la prevención de accidentes, es decir, la seguridad dentro del hogar, como por ejemplo la detección de fugas de gas o la detección de incendios dentro o fuera de la vivienda o una inundación. Esto aporta un extra de seguridad a los habitantes. La seguridad de intrusión se lleva toda la atención en la domótica, pues su objetivo es aportar seguridad de bienes por medio de la vigilancia automática o el cierre automático de cerraduras. Un ejemplo de vigilancia es a través de cámaras o alarmas capaces de avisar alguna anomalía, o los detectores de movimiento, que con la ayuda de un circuito podrían accionar de manera autónoma para encender luces o para activar un sistema más complejo de cámaras. También podemos mencionar sensores que detectan cuándo se ha abierto una ventana cuando no se debería haber hecho. Las intrusiones en una casa es uno del elemento de preocupación de mayor interés sobre todo para los inquilinos de viviendas grandes, casas con jardín, casas de descanso, etcétera. Con la ayuda de dispositivos electrónicos y la tecnología, en conjunto son la mejor manera que tenemos de saber lo que ocurre en casa cuando estamos lejos de ella.

Con respecto a la comunicación hace referencia a la forma en que realiza el intercambio de información entre la persona y la casa, es decir, con que medio el hogar se comunica con el usuario y viceversa. Se pueden destacar numerosos ejemplos entre ellos son teléfono fijo o móvil, aplicación, computadora, esto con el propósito de dar aviso sobre

alguna anomalía, así como la información sobre el funcionamiento de los equipos o instalaciones en el hogar.

La domótica aporta ahorro de energía. Cabe destacar que normalmente se denominan a este tipo de casas como hogares inteligentes. Permite el ahorro energético ya que ejecuta de manera inteligente todo lo relacionado con la iluminación, los electrodomésticos, el agua caliente del baño, etcétera. En la actualidad, el ahorro de energía en el hogar es una cuestión que interesa a todos sin excepción y la domótica ofrece soluciones al respecto.

La domótica establece el confort como su pilar principal en la iluminación, apagar y encender de forma automática, que las luces del pasillo o escalera se enciendan por medio de sensores de presencia. Es cómodo no tener que encender la luz al pasar. Otro ejemplo podría ser el enviar un SMS con claves de activación para poner en marcha la calefacción, encender el aire acondicionado o regular la iluminación para crear un ambiente agradable. Estos ejemplos pueden ser extremos, pero son situaciones que se viven día a día. La domótica tiene que ayudar al usuario a sentirse a gusto en su vivienda y a mejorar su calidad de vida.

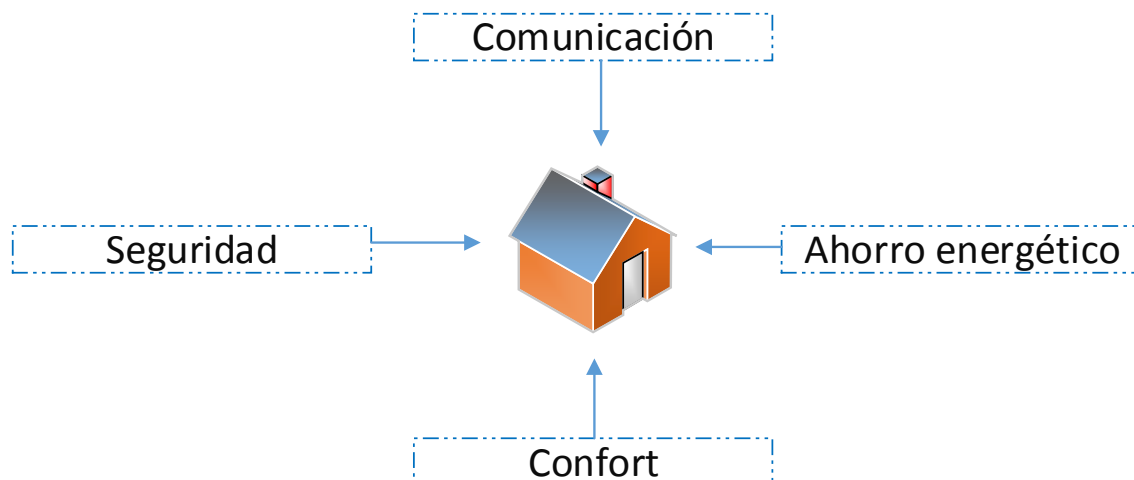


Figura 1.3. Los 4 pilares de la domótica.

Capítulo 2



Características fundamentales de los sensores

2.1. Introducción.

Un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, humedad, etcétera y la transmite adecuadamente. [1] Existen diversos tipos de sensores dependiendo la variable física: distancia, temperatura, humedad. Es posible clasificar los sensores de acuerdo a la magnitud física que se va a medir. Sin embargo, esta clasificación es compleja por la gran cantidad de magnitudes físicas. Por ello se hace la clasificación general que se muestra en la figura 2.1.

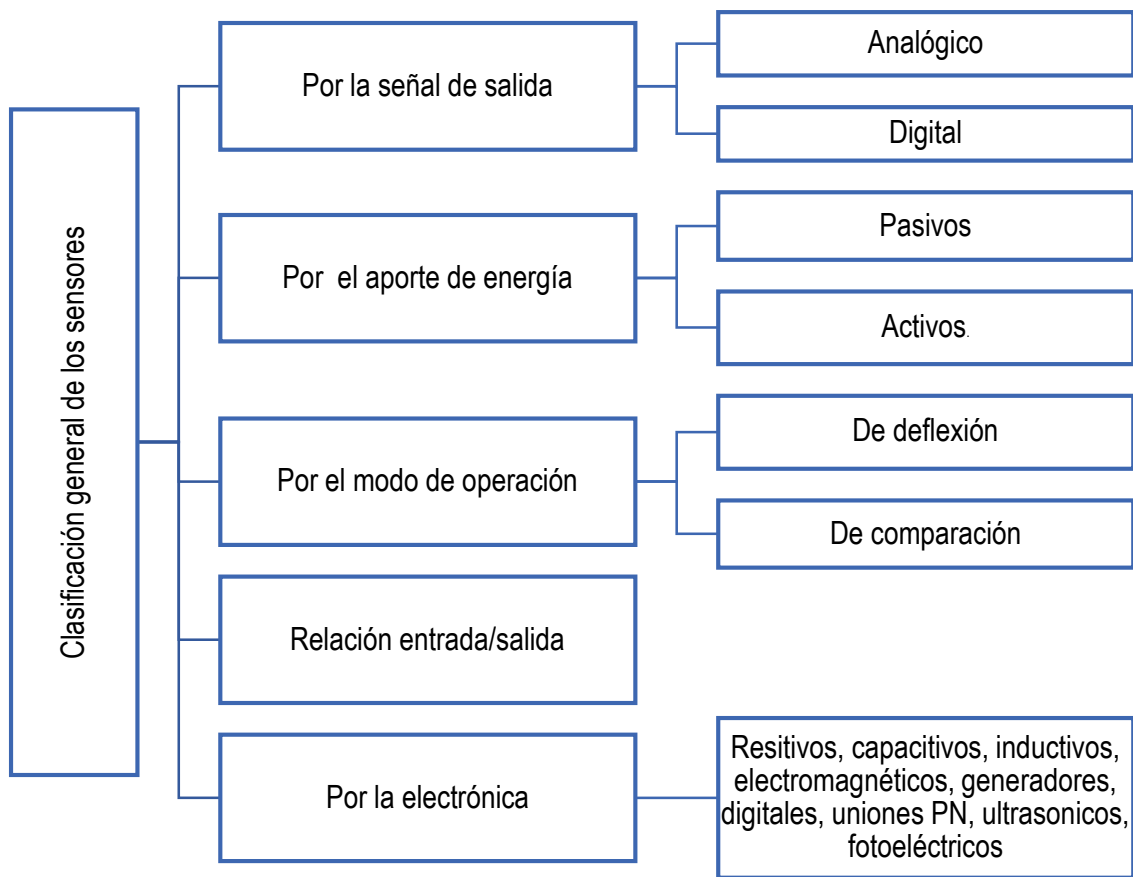


Figura 2.1. Clasificación general de los sensores.

2.2. Características generales de los sensores.

Dependiendo del punto de vista, es posible describir las diferentes características de los sensores. En general, estas características pueden ser: eléctricas, operativas y ambientales.

Las características eléctricas mostradas en la tabla 2.1 comprenden las siguientes:

- Impedancia de entrada: es la impedancia que ve el sensor y debe estar acoplada con la impedancia de la fuente de alimentación.
- Impedancia de salida: es la impedancia en la salida del sensor, ésta debe tener un buen acoplamiento entre la impedancia de entrada del circuito con la impedancia de carga con la finalidad de tener el mejor rendimiento.
- Consumo de corriente: es una señal externa que provee la potencia necesaria para que el sensor pueda funcionar, regularmente en la hoja de especificaciones de los sensores se tiene un valor de corriente específica.

Las características operativas se componen de dos tipos: estáticas y dinámicas. Las estáticas comprenden las siguientes.

- Campo de medida: es un intervalo comprendido entre un límite de valor máximo y mínimo detectables por un sensor.
- Ruido: es una señal no deseada, que modifica las características teóricas de la señal captada por el sensor. Dicho ruido es producido por el mismo sensor o sistema.

Eléctricas	Operativas		Ambientales
	Estáticas	Dinámicas	
Impedancia de entrada	Campo de medida	Tiempo de retardo	Temperatura
Impedancia de salida	Ruido	Constante de tiempo	Vibración
Consumo de corriente	Precisión	Tiempo de levantamiento	Humedad
	Resolución		
	Repetibilidad		
	Linealidad		
	Sensibilidad		

Tabla 2.1. Características de los sensores.

- **Precisión:** es el valor máximo de error entre la salida real que se obtiene de un sensor en condiciones específicas del entorno y el valor ideal de dicha salida.
- **Resolución:** es la variación mínima del valor de entrada, con la finalidad de ver un cambio observable a la salida.
- **Repetibilidad:** es una característica que se representa en porcentaje y que indica la capacidad para obtener el mismo valor de salida al aplicar varias veces un mismo valor de entrada.
- **Linealidad:** es cuando se tiene una constante de proporcionalidad en la que se relacionan la señal de salida con la señal de entrada.
- **Sensibilidad:** es la relación que indica cuanta salida se obtiene por unidad de entrada. Entre mayor sea esta relación, el sensor es más sensible.

Las dinámicas son las siguientes.

- Tiempo de retardo: es el tiempo transcurrido desde la introducción del escalón de entrada hasta que la salida llega al 50% de su valor permanente.
- Constante de tiempo: es el tiempo para que la señal de salida alcance el 63.2% de su valor de régimen permanente.
- Tiempo de levantamiento: tiempo transcurrido desde que la señal de salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega al 90% o 95% de su valor estable.

Finalmente, las características de tipo ambiental son:

- Temperatura: esta característica debe ser dada en las especificaciones como intervalo de temperatura de almacenamiento (*Storage temperatura*) y el intervalo de temperatura de funcionamiento (*Operación temperatura range*), y, por lo tanto, debe ser considerada.
- Humedad: otro factor importante ambiental es la humedad, esta característica debe ser relevante en sensores inmersos en líquidos
- Vibración: esta característica es importante en sistemas mecánicos o móviles.

A continuación, se mencionarán los sensores para el diseño del presente proyecto de Tesis, describiendo sus características y clasificación.

2.3. Sensores de proximidad.

Reciben el nombre de detectores de objetos, todos los sensores que proporcionan una señal en función de la presencia del objeto. La detección de la presencia de un objeto depende de varios factores tales como: la distancia, velocidad, tipo de material, etcétera. Es importante señalar que existen dos formas principales en que un objeto actúe sobre un sensor de presencia: por la existencia o no de contacto entre el sensor y el objeto.

Para los sensores de contacto debe existir una fricción directa con el objeto, para poder reconocer la presencia de algún objeto.

Los sensores sin contacto detectan la presencia de un objeto sin la necesidad que exista un contacto físico. Estos sensores presentan las siguientes ventajas con respecto a los de contacto.

- Ofrecen ventajas selectivas de funcionamiento con ciertos materiales sin verse afectados por otros.
- No tienen desgaste mecánico.

Las dos formas principales mencionadas, los sensores de presencia de contacto y sin contacto, se consideran heterogéneas, pero engloban sensores con principios de funcionamiento muy diferentes, desde sensores que se basan en la transmisión de sonido, hasta los que se fundamentan en la inducción electromagnética. Todos ellos son sensores activos.

Para los sensores de proximidad sin contacto, se hace la clasificación como se muestra en la figura 2.3.

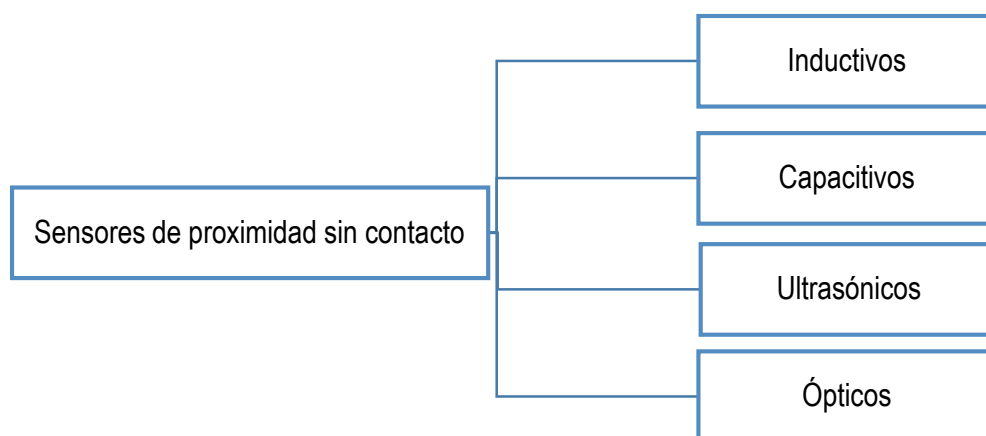


Figura 2.3. Clasificación de sensores de proximidad sin contacto.

2.3.1. Sensores inductivos.

Los sensores inductivos hacen uso de propiedades magnéticas de diversos materiales y de la variación de diferentes parámetros asociados a los circuitos magnéticos, para así alterar la inductancia de bobinas que normalmente están fijas como se ve en la figura 2.4. La característica principal de este tipo de sensores es detectar objetos metálicos, aproximadamente en un intervalo de 1 mm a 30 mm, con posibles resoluciones en el orden de decimas de milímetros. Los sensores de proximidad entregan una señal que es proporcional a la distancia. Cabe resaltar que la medida es imprecisa ya que depende del metal y de las condiciones ambientales.

Cuando un objeto metálico se mueve dentro de un campo magnético generado por la bobina sensora, sobre el objeto se genera una corriente eléctrica conocida como corriente de Eddy o corriente de Foucault. Conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de corriente de inducción, lo cual provoca que la carga en el circuito de oscilación crezca. Entonces, la oscilación se atenúa o decrece, como se muestra en la figura 2.5. El sensor detecta este cambio en el estado de oscilación mediante el circuito interno, y emite una señal de detección.

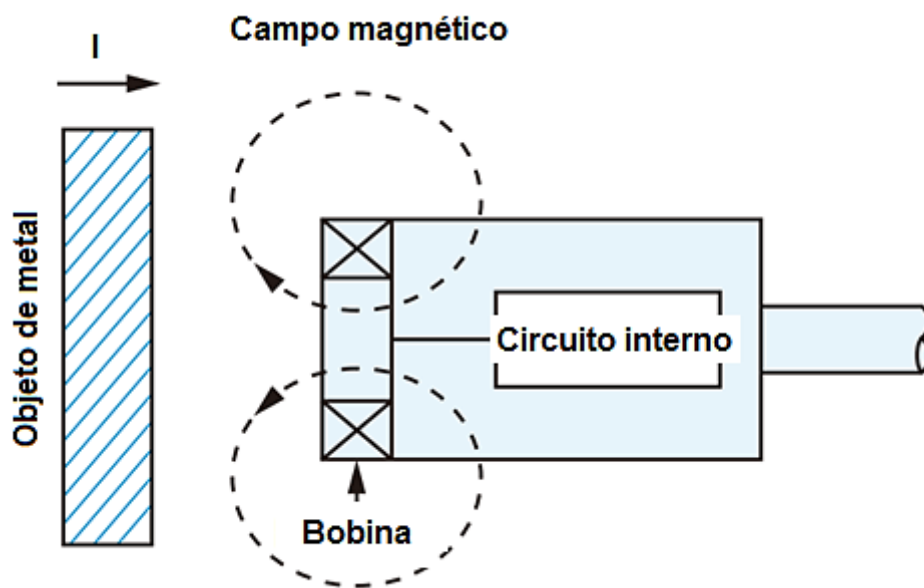


Figura 2.4. Estructura general de un sensor inductivo.

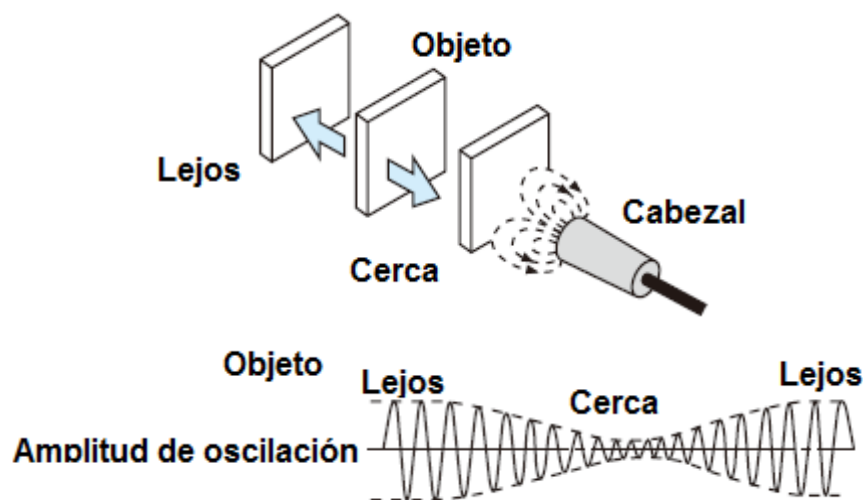


Figura 2.5. Señal de salida de un sensor inductivo.

2.3.2. Sensores capacitivos de proximidad.

Los sensores de proximidad capacitivos generan un campo electrostático. Cuando un objeto se aproxima a la superficie de sensado, como se observa en la figura 2.6, éste entra al campo electrostático, cambia la capacitancia del circuito oscilador y esto hace

que haya una oscilación, el circuito disparador lee la amplitud del oscilador y conforme el objeto se aleja del sensor la amplitud del oscilador decrece.

Los sensores capacitivos son a menudo más utilizados exitosamente en las aplicaciones que no pueden ser resueltas por otras técnicas de sensado. Estos responden a un cambio del dieléctrico en el medio que rodea la zona activa y, por medio de la regulación incorporada permite sensar prácticamente cualquier sustancia. Además, pueden detectar materiales a través de paredes de vidrio, plástico, o láminas de cartón. Los sensores capacitivos son a menudo más utilizados exitosamente en las aplicaciones que no pueden ser resueltas por otras técnicas de sensado.

Para el sensado de materiales de alta constante dieléctrica (agua, metales, aceite, combustible, azúcar, papel) no es necesario el contacto físico de los materiales con el sensor. Para los materiales plásticos y de baja densidad es necesario realizar un ajuste cuidadoso, ya que al ser materiales de baja constante dieléctrica son de difícil detección.

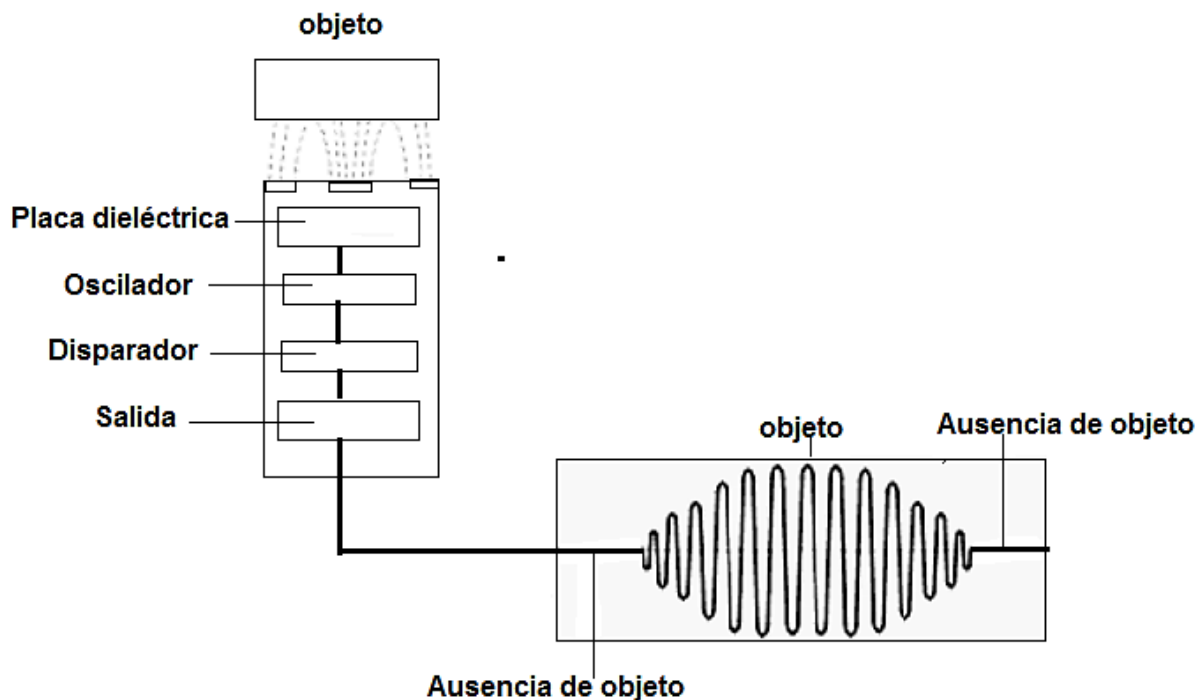


Figura 2.6. Funcionamiento de un sensor inductivo.

2.2.3. Sensores ultrasónicos de proximidad.

Los sensores de ultrasonidos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y detectan objetos a distancias hasta 8 m. El sensor emite un pulso ultrasónico que se refleja en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señal eléctrica, estos sensores tienen la característica que trabajan en el aire, y detectan objetos de diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Dichos materiales pueden ser sólidos o líquidos. Trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco. En la figura 2.7 se muestra la estructura de este sensor.

El transmisor ultrasónico emite ondas sónicas en el intervalo inaudible, es decir, frecuencias mayores a 20 kHz, generalmente 40 kHz. El receptor es un pequeño

micrófono con un circuito electrónico que está sintonizado a la misma frecuencia del transmisor, como se muestra en la figura 2.8.

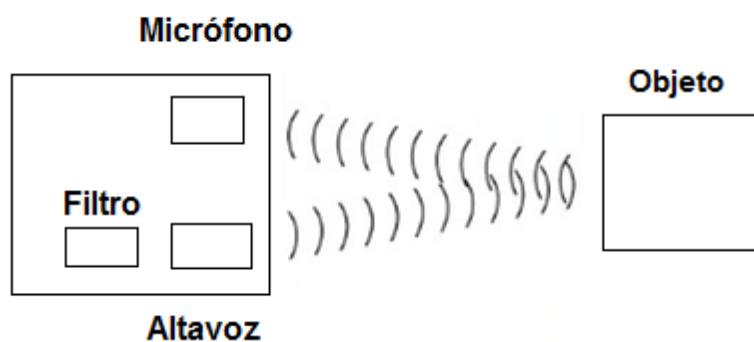


Figura 2.7. Estructura general de un sensor ultrasónico.

En muchos casos, el transmisor ultrasónico cambia de emisor a receptor, es decir, operando como un micrófono. Los filtros dentro del sensor de proximidad ultrasónico, comprueban si el sonido recibido es realmente el eco de las ondas sónicas emitidas y mide el lapso de tiempo desde que el altavoz emite, hasta que se recibe la señal en el micrófono.

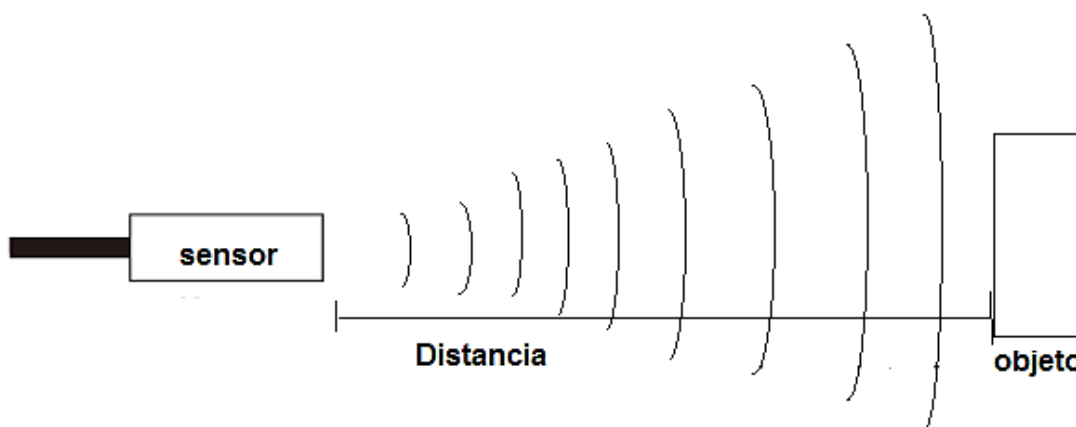


Figura 2.8. Funcionamiento general de un sensor ultrasónico.

Se pueden enlistar las siguientes ventajas:

- Intervalo de detección relativamente amplio (hasta 8 metros).

- Detección del objeto independientemente del material y del color
- Detección segura de objetos transparentes (por ejemplo, botellas de vidrio).
- Relativamente insensibles a la suciedad y el polvo.
- Posibilidad de aplicaciones al aire libre y detección sin contacto con puntos de conmutación de precisión variable.
- La zona de detección puede dividirse a voluntad.
- Se dispone de versiones programables.

Los sensores de proximidad ultrasónicos tienen las siguientes desventajas:

- Si se utilizan sensores de proximidad ultrasónicos para superficies inclinadas, el sonido se desvía. Por ello, es importante que la superficie del objeto a reflejar esté colocado perpendicularmente al eje de propagación del sonido, o bien, que se utilicen barreras ultrasónicas¹.
- Los sensores de proximidad ultrasónicos reaccionan con lentitud. La frecuencia de conmutación máxima está entre 1 y 125 Hz.
- Los sensores de proximidad ultrasónicos son generalmente más caros que los sensores de proximidad ópticos.

2.3.4. Sensores ópticos de proximidad.

Son aquellos que utilizan fotocélulas como elementos de detección. Algunos sensores disponen de un cabezal que contiene un emisor de luz y una fotocélula que sirve de detección, y actúa en forma de reflexión y de percepción del haz de luz reflejado sobre el objeto a detectar. Otros sensores detectan mayores distancias debido a que estos trabajan a modo de barrera, pero estos dos tipos de sensores mencionados trabajan en la gama infrarrojo. Un sensor óptico emite un haz de luz (visible o infrarrojo) desde su

elemento emisor de luz. En ambos, se emite un haz luminoso desde el elemento emisor de luz, el cual es recibido por el elemento receptor de luz.

En el modelo reflectivo, tanto el emisor de luz como el receptor, están contenidos en una sola carcasa, figura 2.9. El sensor recibe la luz reflejada desde el objeto.

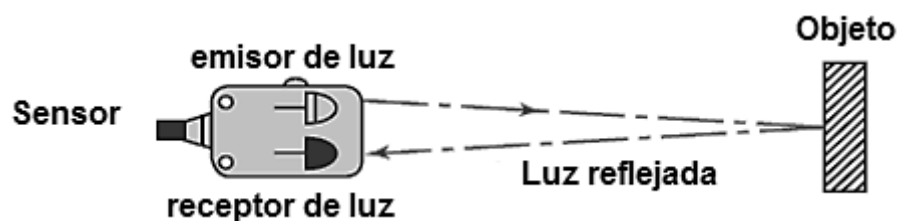


Figura 2.9. Funcionamiento de sensor óptico reflectivo.

Mientras que para el modelo de barrera, el transmisor y el receptor están separados. Cuando el objeto se encuentra entre el transmisor y el receptor, se interrumpe la luz, figura 2.10.



Figura 2.10. Funcionamiento de sensor óptico de barrera.

Un sensor óptico de tipo reflectivo se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objeto. Un sensor de tipo de haz de barrera se utiliza para medir el cambio en la cantidad de luz causado por el objeto al cruzar el eje óptico.

Algunas características primordiales de estos sensores, se enlistan a continuación:

- Tiene una elevada inmunidad a perturbaciones electromagnéticas.
- A diferencia de los sensores capacitivos e inductivos, estos tienen una mayor distancia de detección.

- Son de alta velocidad de respuesta y frecuencia de conmutación.
- Tienen la capacidad de detectar colores.
- Son capaces de detectar objetos de tamaño de decimas de milímetros.

2.4. Sensores de humedad.

Existen diferentes tipos de sensores de humedad, este tipo de sensores detectan la humedad de la tierra y es utilizado para áreas de jardinería, como lo muestra la figura 2.11.

Los sensores de bulbos húmedo y seco consisten de dos termómetros, de los cuales cada uno tiene una función específica, uno de ellos mide la temperatura del bulbo seco, y el otro funciona con la evaporización del agua en forma adiabática, como se muestra en la figura 2.12. Se coloca algo húmedo, de él se evaporará el agua en el bulbo, y se va comparando las temperaturas con el bulbo seco.

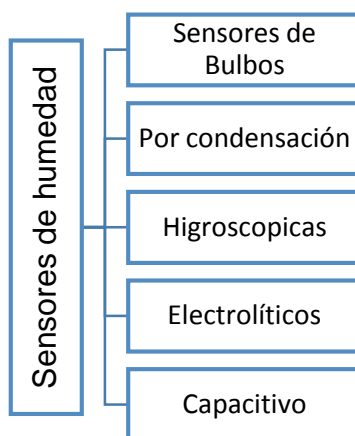


Figura 2.11. Clasificación de los sensores de humedad.

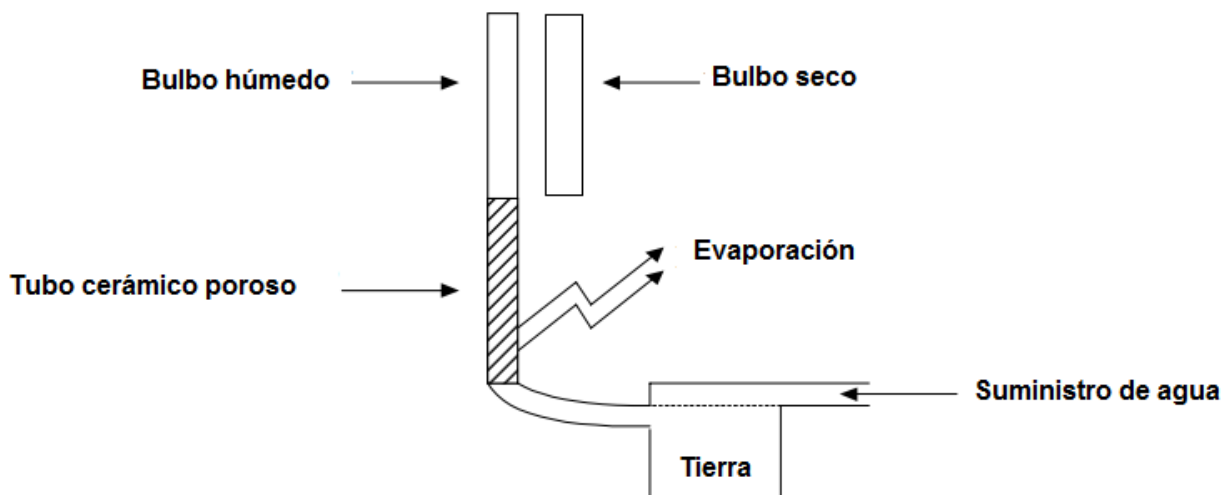


Figura 2.12. Estructura general de un sensor de bulbos seco y húmedo.

Los sensores por condensación funcionan por medio de una cámara en su interior de un espejo se hace fluir la mezcla gaseosa, del cual por medio de un equipo de refrigeración puede ser enfriada o calentado, como se muestra en la figura 2.13. Esto con el objetivo que el vapor se condense en el espejo, o que el agua se evapore. Refleja un haz por medio de una fuente luminosa que se proyecta sobre el espejo hacia una fotorresistencia la luz incide con una segunda fotorresistencia obteniendo la medición de la intensidad luminosa real y otra distorsionada.

El sensor de sales higroscópicas se basa básicamente en los cambios que sufren los materiales con la humedad, como las fibras orgánicas y sintéticas, un ejemplo de ello es la madera, cuando ésta se humedece tiene un cambio.

La idea principal de cómo trabaja un sensor electrolítico es por la electrolisis de las moléculas de agua que se encuentran en gas. La electrolisis es el fenómeno que consiste en la descomposición de una sustancia al paso de la corriente eléctrica, fue un fenómeno estudiado por Michael Faraday (1791-1867). La electrolisis transforma energía eléctrica en energía química. Cuando sucede este fenómeno se mide la corriente que se genera.

Para poder adquirir agua proporcional a la humedad, hay una capa de sales de pentóxido de fósforo para absorber la humedad del gas. La diferencia de potencial entre los electrodos descompone el agua en iones de hidrogeno y oxígeno, obteniendo una corriente, y que ésta será proporcional a la humedad.

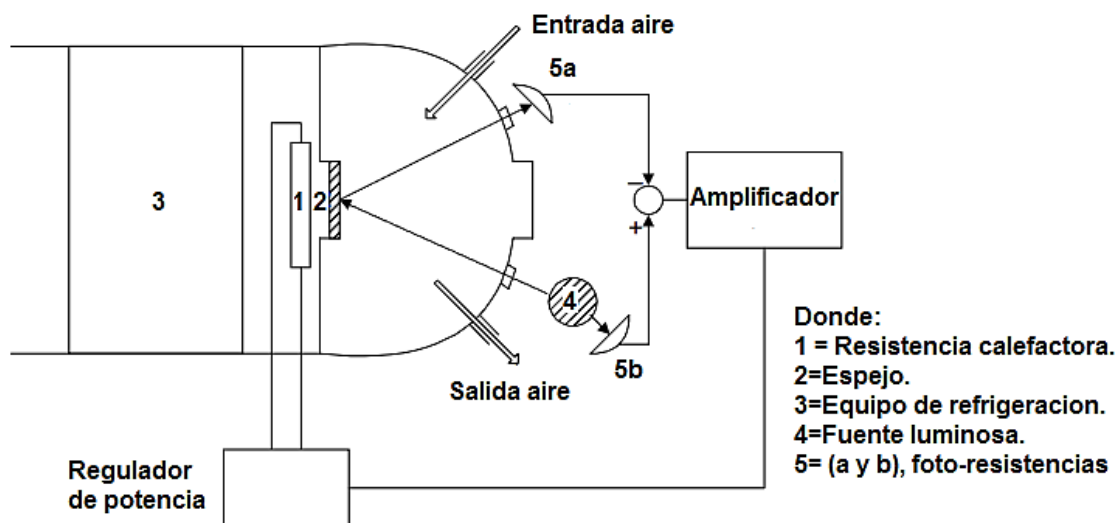


Figura 2.13 Estructura general de un sensor de bulbos seco y húmedo.

Este sensor no lo podemos utilizar para cualquier aplicación por los elementos que contiene, ya que si el gas contiene elementos que reaccionan con el pentóxido de fósforo se altera la medición y el sensor puede ser saturado. Hay un número de referencia para conocer si el sensor llegó a ser saturado que son 2000 partes por millón de agua, ya que la capa higroscópica no es capaz de absorber más líquido. Y esto no haría la medición y como consecuencia se tendrá corto circuito entre el ánodo y el cátodo.

2.4.1. Sensor capacitivo.

El material dieléctrico absorbe el vapor de agua del medio ambiente con los cambios que sufre el nivel de humedad. Éste se basa en el cambio de la capacidad de un condensador al modificar la constante dieléctrica, como se muestra en la figura 2.14. La fabricación de

este sensor se puede realizar de diferentes maneras, una de ellas es con placas cilíndricas concéntricas o placas rectangulares paralelas. Otra manera sería aumentando la concentración de agua que hay entre las placas esto se logra con un material llamado higroscópico. La cantidad de vapor se determina mediante la ecuación 2.1.

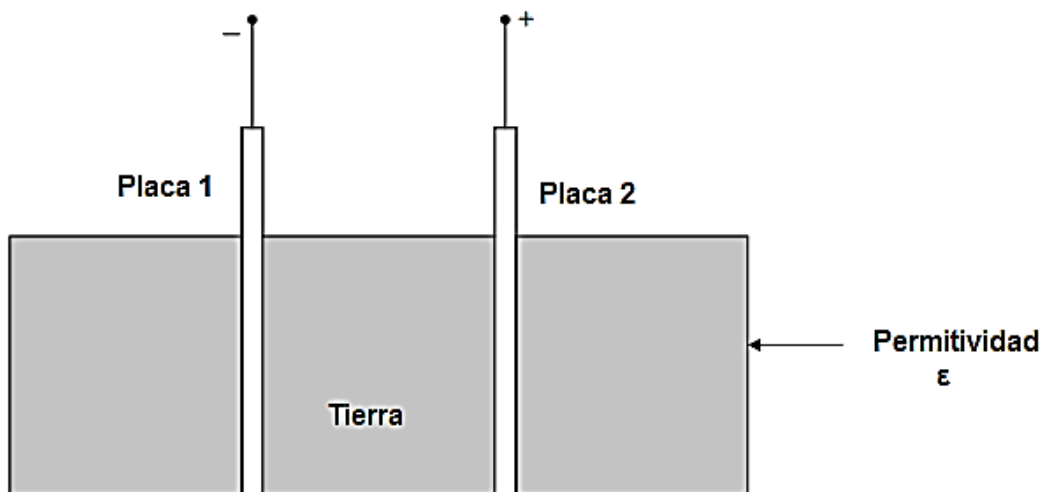


Figura 2.14. Funcionamiento general de un sensor de humedad capacitivo.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.1)$$

donde:

C= vapor.

ϵ =permitividad del dieléctrico.

A= área de las placas del condensador.

D= distancia que hay entre las placas del condensador.

Este sensor trabaja con la conductividad de la tierra, sabiendo que esta conductividad variara dependiendo que tan húmeda este la tierra. Se introducen dos placas en la tierra, la corriente que circula es proporcional a la cantidad de agua al medirse. La desventaja

de este método es que, si se agregan fertilizantes, o cambia la constitución de la mezcla, se tendrá que volver a calibrar el instrumento.

2.5. Sensores de nivel.

En la figura 2.15 se muestra la clasificación general de los sensores de nivel. Los sensores por flotador permiten detectar el nivel del líquido, que consiste en el empleo de un flotador, es decir, un sistema compuesto de palancas y a su vez unido a un sensor de desplazamiento, existen diferentes tipos los más comunes se muestran en la figura 2.16. Los sensores capacitivos se utilizan para la medición continua de nivel. El valor del capacitor puede cambiar al variar el tamaño de una o más placas o cambiando el dieléctrico. La sonda y la pared metálica del tanque forman las dos placas consideradas, y el contenido en el tanque es el dieléctrico. Cuando el tanque está vacío, el dieléctrico es el aire. A medida que el tanque se llena, el líquido no conductor y el aire se convierten en el dieléctrico. A medida que el nivel varía, cambian las constantes dieléctricas y hace que cambie la capacitancia, como se muestra en la figura 2.17. Si el medio es conductor, las sondas deben estar recubiertas con un material aislante.

Si las paredes del recipiente no son paralelos, el lado del recipiente no se puede utilizar como una de las placas, en esta situación se debe utilizar una segunda sonda.

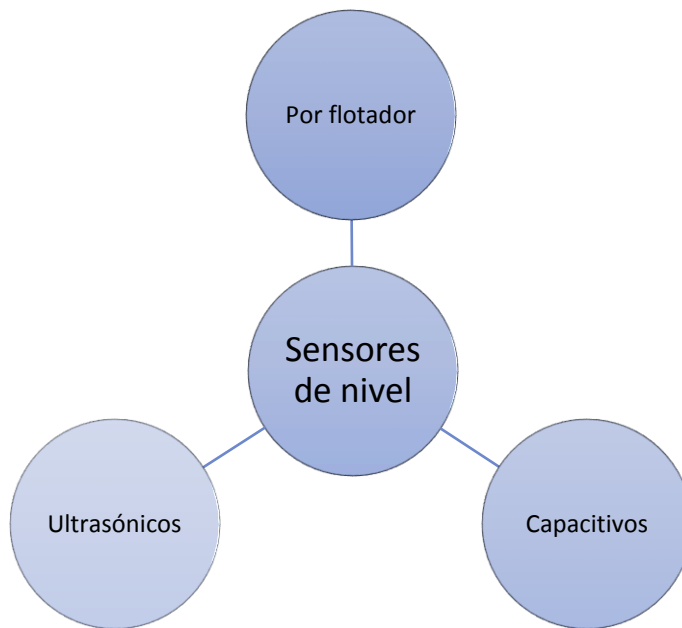


Figura 2.15. Clasificación de sensores de nivel.

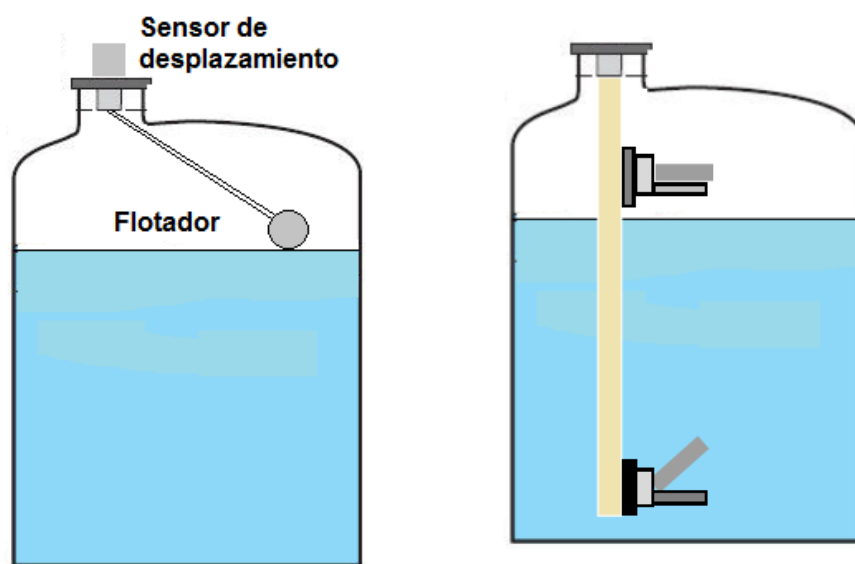


Figura 2.16. Funcionamiento general de un sensor de nivel por flotador.

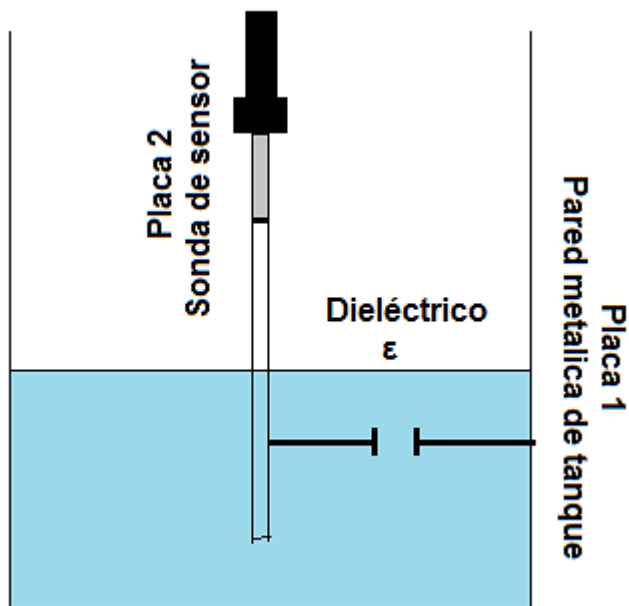


Figura 2.17. Funcionamiento general de un sensor de nivel capacitivo.

Las sondas de nivel capacitivo son relativamente baratas. Una limitación es que su precisión depende de la condición del líquido. La presencia de sólidos en el líquido, o la exposición a un cambio de temperatura grande, hará que el dieléctrico varíe.

El sensor ultrasónico emite una onda de sonido que es emitido por un transmisor hacia la superficie del medio y se refleja de vuelta al receptor de la señal ultrasónica, como se muestra en la figura 2.18. El tiempo que tarda la onda en viajar desde el transmisor a la superficie del blanco y de vuelta al receptor es el tiempo a medir. El lapso de tiempo entre la transmisión y la detección es proporcional a la distancia. Estos datos se calculan electrónicamente y se convierte en una medición de nivel de líquido.

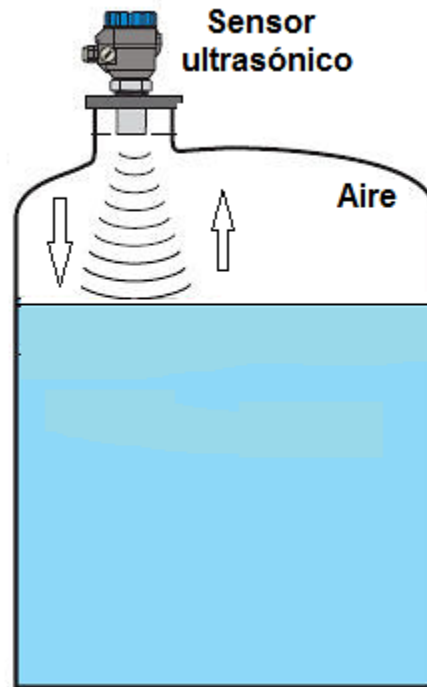


Figura 2.18. Sensor de nivel ultrasónico.

Capítulo 3



Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, (GSM).

3.1. Introducción.

Global System for Mobile Communications, GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), es un estándar mundial para telefonía de segunda generación. Dicho estándar fue creado en el año de 1982 por la CEPT (*Conference Europeenne des Administrations des postes et des Telecommunications*) y desarrollado por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) como un estándar para telefonía móvil en Europa, con la finalidad de desarrollar una norma para que fuera adoptada mundialmente. Es considerado hoy en día como un sistema global para las comunicaciones móviles.

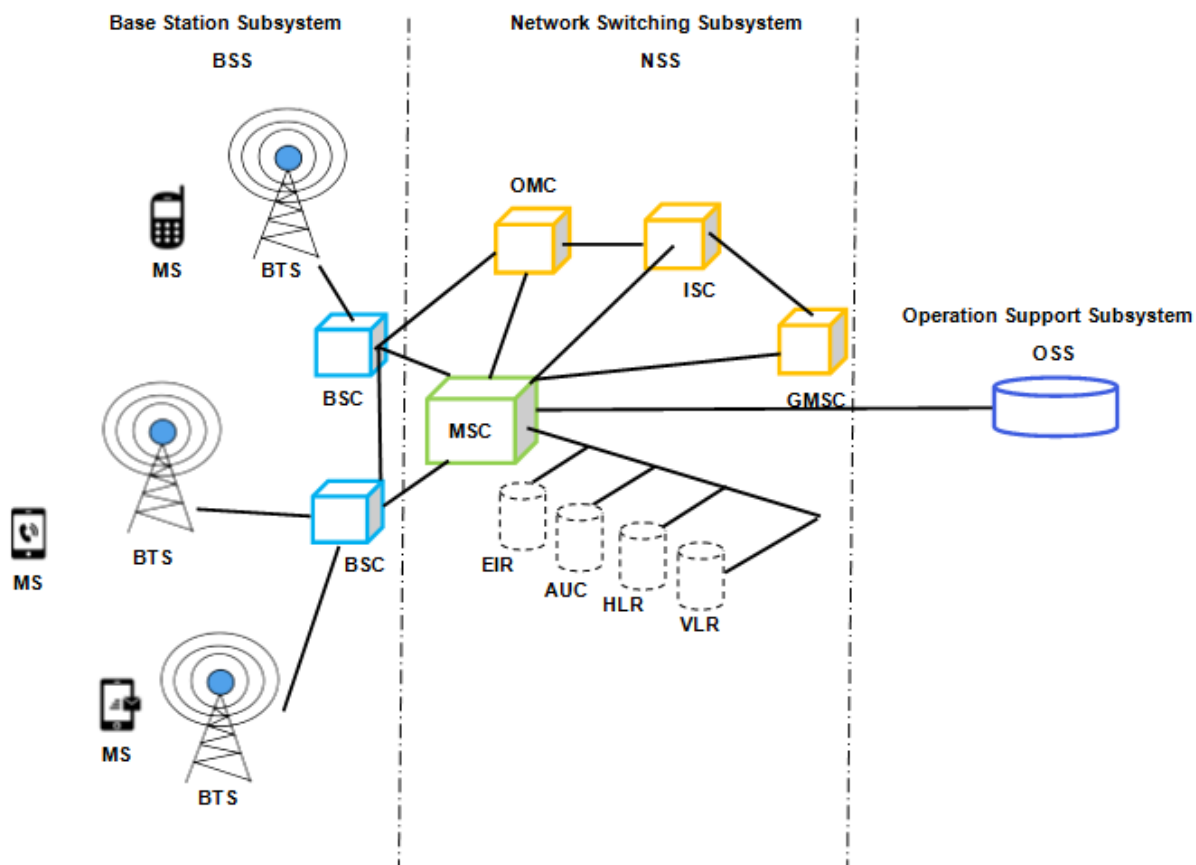
La tecnología GSM tiene cuatro versiones: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. Las versiones GSM-900 y GSM-1800 son las más utilizadas en gran parte del mundo, excepto en Estados Unidos, Canadá y el resto de América Latina donde se utilizan las bandas GSM-850 y GSM-1900.

Las implementaciones de GSM para servicio de datos son *GPRS (General Packet Radio Service)* y *EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)*, que a su vez conducen a la tercera generación *UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)*.

En el año 2002 se lanza en México la red de GSM, una de las características más importantes de la red GSM es la aparición del *Subscriber Identify Module (SIM)*.

3.1. Arquitectura de la red.

En la figura 3.1 muestra la arquitectura de la red GSM.



BTS	<i>Base Transceiver Station</i>	HLR	<i>Home Location Register</i>
BSC	<i>Base Station Controller</i>	VLR	<i>Visited Location Register</i>
MSC	<i>Mobile Switching</i>	EIR	<i>Equipment Identify Register</i>
GMSC	<i>Gateway MSC</i>	AUC	<i>Authentication Center</i>
ISC	<i>International Switching Center</i>	OMC	<i>Operation and Maintenance Center</i>
MS	<i>Mobile Station</i>		

Figura 3.1. Arquitectura de la Red GSM.

En una red GSM, la terminal de usuario se llama estación móvil (MS). Una MS está constituida por una tarjeta SIM que permite identificar de manera única al usuario y a la terminal móvil. Éste contiene los datos necesarios para identificar usuarios; para que un módulo de GSM funcione, es necesario contar con la identificación del usuario SIM.

La comunicación entre una MS y una BTS se produce a través de un vínculo de radio, denominado interfaz de aire. La BTS contiene todos los dispositivos, transmisión y recepción vía radio y tiene la función de control de potencia y monitorear la conexión. Todas las estaciones base de una red GSM están conectadas a un controlador de estaciones base (BSC) tiene como principal función la gestión de los canales de radio, según su capacidad de tráfico dependerá el número de BTS que pueda gestionar. El sistema compuesto de BTS y BSC recibe el nombre de Subsistemas de Estaciones base (BSS).

Los controladores de estaciones base están físicamente conectados al Centro de Conmutación móvil (MSC) que gestiona el tráfico de uno o varios BSS, actúa como un *router*, su principal función es el gestionar las llamadas, la localización e identificación de MS, y la confidencialidad de la identidad del usuario. A su vez el MSC está conectado a un GMSC y un ISC, el GMSC (*Gateway Mobile Services Switching Center*) que es la central de conmutación móvil y es utilizada para las llamadas de telefonía fija, su función es controlar el HLR (*Home Location Register*) con el propósito de poder conocer la ubicación del móvil al que se está realizando una llamada, para así enrutar la llamada a la central de conmutación correspondiente y la elección de las estaciones depende de la compañía que se desea. La ISC (*International Switching Center*) se encarga de crear los SMS cortos.

Generalmente, el MSC se conecta a bases de datos que proporcionan funciones adicionales. El HLR (*Home Location Register*) es una base de datos central que almacena información de suscripción de los usuarios. Guarda información sobre el perfil de servicio, ubicación y estado de actividad de los usuarios. El VLR (*Visited Location Register*) es el que contiene la información necesaria de los usuarios para el *roaming* de la terminal móvil en una red visitada, dicha información es transferida desde el HLR usando un procedimiento de actualización de ubicación. El EIR (*Equipment Identify Register*) es la base de datos que contiene información para evitar llamadas desde estaciones móviles no autorizadas. Dicha base de datos mantiene la información basada en el identificador de equipo IMEI. El AuC (*Authentication Centre*) se encarga de guardar las claves necesarias para la autenticación de los usuarios y así validar el acceso del usuario a la interfaz aire. Y el OMC (*Centro de Operación y Mantenimiento*) es aquel que proporciona los medios necesarios para poder llevar a cabo una gestión eficiente de la red, estableciendo correctamente los parámetros que controlan los procedimientos de comunicación.

El subsistema de operación se conecta al BSS y NSS para controlar y monitorear toda la red GSM. Debido a los diferentes elementos de la red se encuentran dispersos en grandes áreas geográficas, el OSS permite la operación y mantenimiento de información remota y centralizada de dichos elementos uniformemente, además permite diagnosticar, monitorear y en general solucionar problemas en todos los aspectos de la red GSM.

3.3. Canales.

En GSM se definen una serie de canales para establecer la comunicación que agrupan la información a transmitir entre la estación base BTS y el MS. La red GSM utiliza dos bandas de 25 MHz para transmisión y recepción. La banda de 880-916 MHz se usa para

transmisiones desde la MS hasta la BTS (de subida) y la banda de 925-960 MHz se utiliza para las transmisiones entre la BTS y la MS (de bajada). GSM usa FDD (*Frequency Division Duplex*) y una combinación de TDMA y FDMA para proporcionar a las estaciones base (BT) y a los usuarios un acceso múltiple. Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 KHz llamados ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Number*). El ARFCN denota un par de canales *uplink* y *downlink* separados por 45 MHz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios usando TDMA.

3.3.1. Canales físicos.

Los canales físicos pueden describirse en términos del dominio de la frecuencia y del tiempo. Son las frecuencias y/o ranuras de tiempo reales en las que el MS o la radio base están transmitiendo o recibiendo, es decir, el canal físico en un ARFCN y una ranura de tiempo.

Cada uno de los 8 usuarios usa el mismo ARFCN y ocupan un único slot de tiempo (ST) por trama. Las transmisiones de radio se hacen a una velocidad de 270.833 kbps usando modulación digital binaria GSMK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) con $BT=0.3$. El BT es el producto del ancho de banda del filtro por el periodo de bit. Por lo tanto, la duración de un bit es de 3.692 ms, y la velocidad efectiva de transmisión de cada usuario es de 33.854 kbps. El número total de canales disponible dentro los 25 MHz de banda es de 125. Dado que cada canal de radio está formado por 8 slots de tiempo, hacen un total de 1000 canales de tráfico GSM. Las especificaciones GSM definen una gran variedad de canales lógicos que pueden ser usados para enlazar la capa física con la capa de datos dentro de las capas de la red GSM. Estos canales lógicos transmiten eficientemente los datos al usuario, aparte de proporcionar el control de la red en cada ARFCN.

3.3.2. Canales lógicos.

El canal lógico es portado dentro del canal físico. Es un conducto de extremo a extremo para transportar información. Los canales físicos soportan varios canales lógicos que se repartirán los intervalos de tiempo. Los canales lógicos se pueden separar en dos categorías principalmente: los canales de tráfico y los de control.

- **Canales de tráfico:** Los canales de tráfico llevan voz o datos codificados digitalmente, estos tienen funciones idénticas y formatos tanto para el *downlink* como para el *uplink*. Se emplea para transportar voz y datos entre la MS y la BTS, así como canales especiales de señalización asociada a la llamada que ocupan ciertos intervalos de la trama. Pueden ser de velocidad completa *full-rate*, o de velocidad media *half-rate*. Cuando transmitimos a velocidad completa, los datos están contenidos en un ST (*Slot Time*) por trama. Cuando se transmite a velocidad media, los datos de los usuarios se transportan en el mismo slot de tiempo. En GSM se definen dos formas generales de canales de tráfico: TCH/FR (*Traffic Channels-Full rate speech*) y TCH/HR (*Traffic Channels-Half rate speech*) TCH/F es el canal que transporta información a una velocidad de 22.8 kbps y TCH/H transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.

Para transportar voz codificada se utilizan dos tipos de canales:

- Canal de tráfico a velocidad completa por voz (TCH/FS). Lleva voz digitalizada a 13 kbps.
- Canal de tráfico a velocidad media para voz (TCH/HS). Diseñado para llevar voz digitalizada que ya ha sido muestreada.

Para llevar datos del usuario se definen los siguientes tipos de canales de tráfico

- Canal de tráfico a velocidad completa para datos a 9.6 kbps (TCH/F9.6).
 - Canal de tráfico a velocidad completa para datos a 4.8 kbps (TCH/F4.8).
 - Canal de tráfico a velocidad completa para datos a 2.4 kbps (TCH/F2.4).
 - Canal de tráfico a velocidad mitad para datos a 4.8 kbps (TCH/H4.8).
 - Canal de tráfico a velocidad mitad para datos a 2.4 kbps (TCH/H2.4).
- **Canales de control:** Los canales de control llevan comandos de señalización y control entre la estación base BT y la móvil MS. Estos sirven para regular el acceso de las terminales a la red, son aquellos que transmiten información de señalización común para todos los móviles que se encuentren en una celda y pueden ser accedidos tanto por terminales en modo espera, como dedicado. En la figura 3.2 se enlistan los tres tipos existentes. Se definen tres categorías de canales de control: difusión (BCH), comunes (CCCH) y dedicados (DCCH). Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias en GSM. Se explican a continuación.
 - De difusión (BCH). El BCH opera en el *downlink* de un ARFCN específico dentro de cada celda, y transmite datos sólo en la primera ranura. BCH sirve como canal de guía para cualquier móvil cercano que lo identifique y se enganche a él. Además, BCH proporciona sincronización para todos los móviles dentro de la celda y se monitoriza ocasionalmente por los móviles de celdas vecinas para recibir datos de *handover*. Dentro del canal BCH se definen tres tipos de canales que son: BCCH, FCCH y SCH. BCCH (Canal de control *Broadcast*) es un canal de *downlink* que se usa para enviar información de identificación de celda y de red, así como características

operativas de la celda (estructura actual de canales de control, disponibilidad de canales y congestión). Por otra parte, FCCH (Canal corrector de frecuencia) permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base. Y por último SCH (Canal de sincronización) se utiliza para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base.

- De control común (CCCH). Un CCCH está formado por tres diferentes tipos de canales: el canal de búsqueda (PCH), canal de acceso aleatorio (RACH) y el canal de acceso concedido (AGCH). El canal de búsqueda PCH proporciona señales de búsqueda a todos los móviles de una celda y avisa a los móviles si se ha producido alguna llamada procedente de la PTSN. El PCH transmite el IMSI (Identificación de Abonado Móvil Internacional) del abonado destino, junto con la petición de reconocimiento de la unidad móvil a través de un RACH. Alternativamente, el PCH se puede usar para proporcionar envíos de mensajes tipo ASCII en las celdas, como parte del servicio SMS de GSM. El canal de acceso aleatorio (RACH) es un canal *uplink* usado por el móvil para confirmar una búsqueda procedente de un PCH y también se usa para originar una llamada. EL RACH usa un esquema de acceso *slotted* ALOHA. En el canal de acceso contenido (AGCH) se usa por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil y lleva datos que ordenan al móvil operar en un canal físico en particular con un canal de control dedicado

- De control dedicado (DCCH). Existen tres tipos de canales de control dedicados en GSM: Los canales de control asociados lentos y rápidos (SACCH y FACCH) se usan para supervisar las transmisiones de datos entre la estación móvil y la estación base durante una llamada. Y los canales de control dedicados (SDCCH) que se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios.

Los SDCCH llevan datos de señalización siguiendo la conexión móvil con la estación base, y justo antes de la conexión lo crea la estación base. El SDCCH se asegura que la MS y la estación base permanecen conectados mientras que la estación base y el MSC verifican la unidad de abonado y localizan los recursos para el móvil.

El SACCH está siempre asociado a un canal de tráfico o a un SDCCH y se asigna dentro del mismo canal físico. El SACCH lleva información general entre la MS y el BTS.

Por último, el FACCH lleva mensajes urgentes, y contiene esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH.

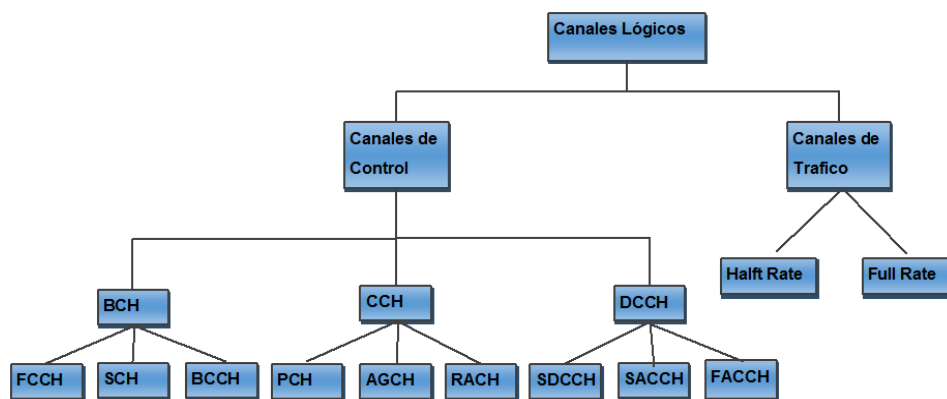
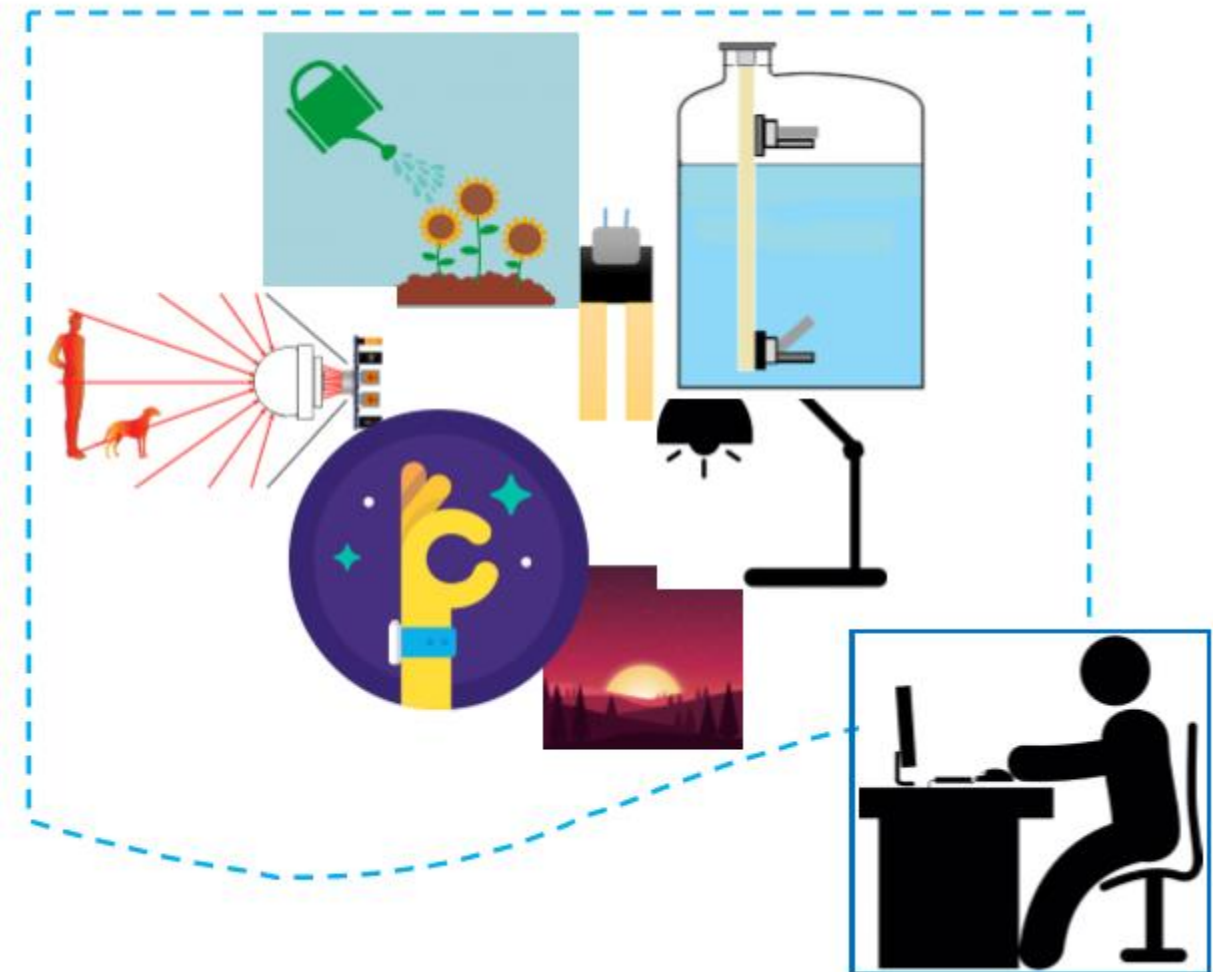


Figura 3.2 División de los Canales Lógicos en la Red GSM.

Capítulo 4



Selección y configuración de los sensores.

4.1 Parámetros a monitorear en la casa de descanso.

El enfoque se simula en una casa de descanso, tomemos en cuenta que la casa está localizada fuera de la ciudad y únicamente es visitada en fines de semana o en época vacacional, y por ello se requiere un sistema que esté continuamente monitoreando los parámetros de mayor importancia.

Se consideran parámetros importantes y necesarios en una casa de descanso y son: mantenimiento del jardín, la iluminación interior o exterior, los niveles de la cisterna de agua y sobre todo la seguridad de la casa.

La seguridad es la aplicación de mayor interés ya que la casa permanece deshabitada por periodos largos y el incremento de la seguridad en el hogar no solo repercute en la protección de los bienes, sino también en la protección personal. Con respecto a la iluminación, es un parámetro ligado a la seguridad, pues el objetivo es hacer creer que hay presencia en la casa cuando en realidad hay ausencia, pero también necesitamos una gestión eficiente de energía eléctrica. En la casa de descanso, es indispensable el ahorro energético, pues como se mencionó solo se habita los fines de semana, una vez al mes o en vacaciones. Por lo tanto, la casa permanece sola y para evitar que los vecinos o las personas que transitan cerca de ella piensen que está deshabitada o abandonada, o en el peor caso evitar un saqueo; la mejor idea del usuario es dejar encendida la iluminación exterior o interior, pero el consumo innecesario durante el día generaría costos. Una solución es que el sistema encienda la iluminación por las noches durante un tiempo determinado. Así se evita el consumo innecesario de energía eléctrica durante el día, y a su vez se genera un ahorro energético.

El parámetro de supervisar los niveles de agua de la cisterna es necesario, ya que de él dependen actividades básicas, el más importante es el sanitario y regadera, así mismo,

de este líquido depende el mantenimiento del jardín, toda casa de descanso cuenta con jardines amplios o áreas verdes y para el buen cuidado es necesario un adecuado riego para mantenerlo en perfectas condiciones.

4.2. Iluminación en el interior de la casa.

Es de suma importancia hacer creer que hay personas en la casa, dado que la mayor parte del tiempo se encuentra deshabitada, esto para evitar que personas ajenas a la casa entren. Se propone un sistema para mantener encendida la iluminación por un cierto tiempo, por ejemplo, que se encienda todos los días a las 19 horas y que permanezca así hasta las 20 horas y automáticamente se apague. Para realizar la programación automática de iluminación, (también de los demás parámetros: nivel de cisterna, humedad de la tierra y la seguridad) es necesario un microcontrolador; es un circuito integrado que contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM) y puertos de entrada y salida. Estas partes están interconectadas dentro de él. Se puede decir que es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado. Todo microcontrolador requiere de un programa para que realice una función específica. El propósito fundamental es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe. Para nuestro fin, y porque ya contamos con el material, utilizaremos la tarjeta de desarrollo de Mikroelektronika EasyPIC V7.

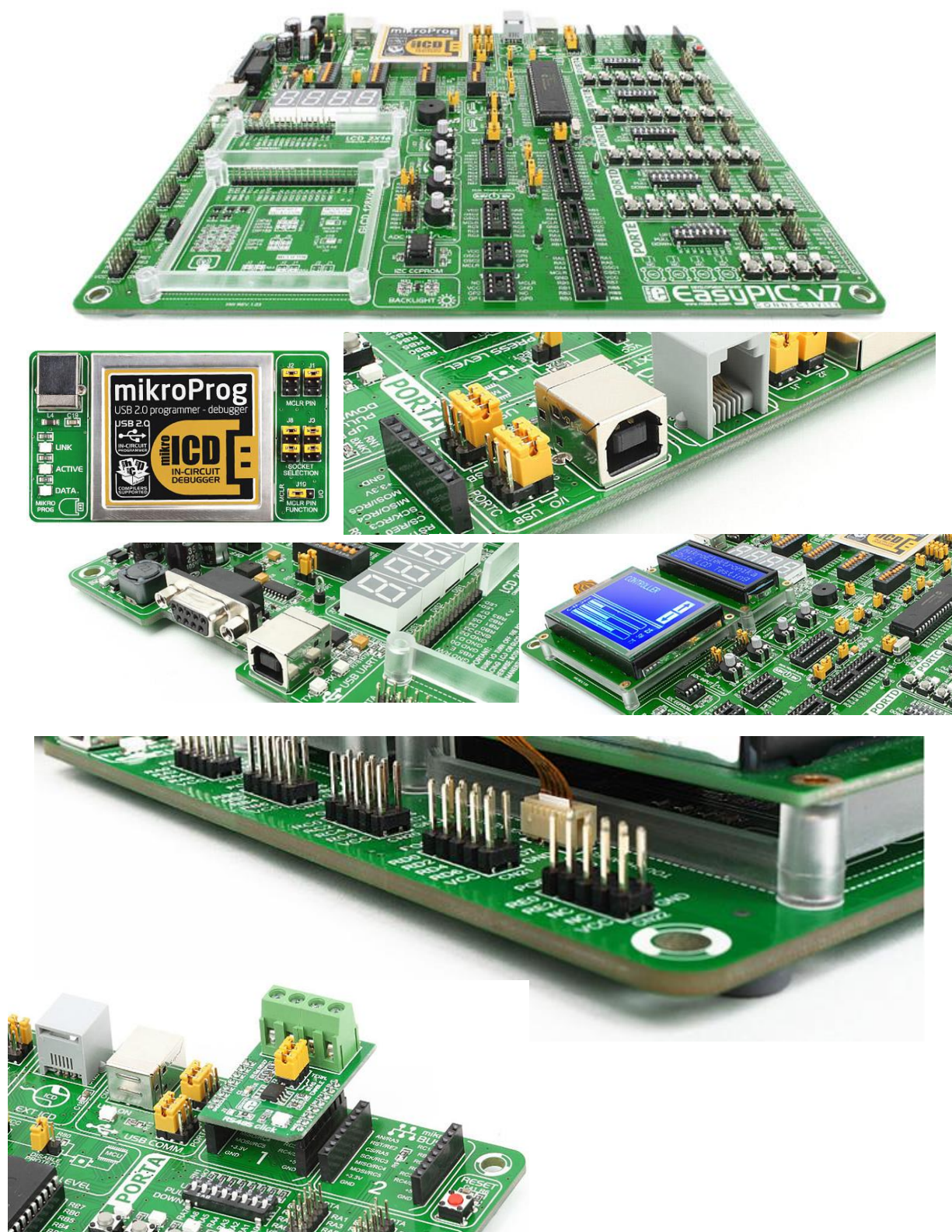
EasyPIC V7 es una tarjeta de desarrollo para microcontroladores, cuenta con un programador / depurador USB 2.0 y viene con un PIC18F45K22. Cuenta con un programador mikroProg, es un programador PIC USB 2.0 con el depurador en circuito de hardware mikroLCD. Además, mikroProg admite dispositivos PIC10, PIC12, PIC16F, PIC16 mejorados, PIC18F, PIC18FJ y PIC18FK y admite más de 387 microcontroladores

de Microchip. Es una tarjeta de excelente rendimiento, cuenta con 4 puertos digitales y con dos potenciómetros, una pantalla LCD de 2x16, pantallas GLCD 7 segmentos, el depurador mikroICD es el que permite ejecutar el programa en el microcontrolador PIC. Cuenta con ICD2 externa, este conector permite trabajar con otros programadores, UART RS-232, PS/2, USB. Además, contiene entrada para sensores LM35 y DS1820, potenciómetros ADC. La placa también dispone de zócalos DIP20, DIP18, DIP14 y DIP8 para microcontroladores PIC. Las entradas de los puertos digitales son prácticos de utilizar, por medio de 36 interruptores en cada uno de los puertos, como se muestra en la figura 4.1.

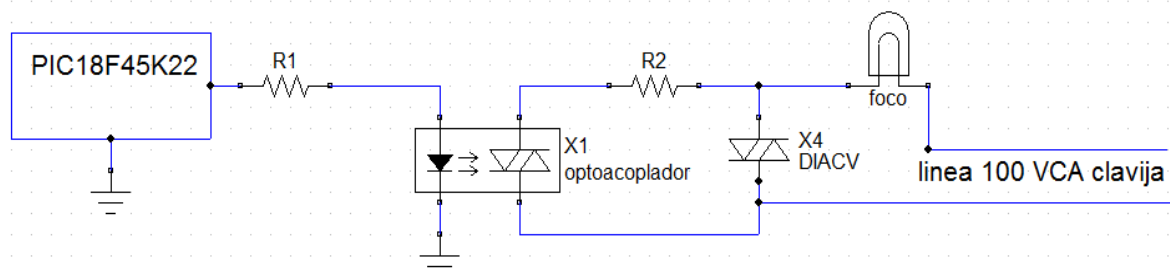
Para que este conjunto de elementos funcione se necesita del programa MikroC, que es un compilador con funciones ANSI, y desarrollador de código para microcontrolador.

En la figura 4.2 se muestra el diagrama eléctrico del sistema propuesto para el control de la iluminación de la casa. Se compone de 3 etapas, sistema digital, optoacoplador y etapa de potencia. El optoacoplador sirve para aislar físicamente la etapa de potencia y el sistema de control, permite controlar a partir de 50V a 600V.

También se muestra un DIAC que controla cargas en CA y el circuito que manda 5 Vcd. Esto con el objetivo de aislar la etapa de potencia con el microcontrolador.



4.1. Vistas de la tarjeta de desarrollo de Mikroelektronika EasyPIC V7



4.2. Diagrama eléctrico para el control de la iluminación.

Para el control de la iluminación se programó de tal forma que se enciende todos los días a las 19 horas y así permanecerá durante 3 horas y automáticamente se apaga. En la figura 4.3, la lámpara está encendida y apagada, y para comprobar el correcto funcionamiento se utilizó el display del microcontrolador, en donde se muestra una leyenda de encendido y apagado.



Figura 4.3. Simulación de encendido y apagado de la Iluminación interior de la casa.

4.3. Nivel de agua de la cisterna.

Es necesario conocer el nivel de agua en la cisterna, el objetivo es evitar privarse de actividades en el hogar donde es necesario el uso de agua. Contar con agua en el hogar es vital y necesario, para esto se sugiere monitorear la cantidad de agua en la cisterna, con la ayuda de un arreglo de sensores de nivel.

En el capítulo 2 se vieron varios tipos de sensores de nivel. Para nuestros fines el sensor más adecuado es por flotador ya que cumplió con las características para el presente proyecto de domótica, este sensor funciona a través de un interruptor horizontal, y se muestra en la figura 4.4.



(A) (B)
Figura 4.4. Flotador de interruptor para montaje horizontal (A) Nivel alto (B) Nivel bajo.

Este sensor se basa en la lectura del nivel de agua tiene dos estados lógicos alto y bajo y consta de una barra plástica, con una parte magnética que se mueve cuando el agua va cambiando de nivel, se acciona cuando el líquido se encuentra en nivel bajo. Este tipo de sensor es práctico y además es de bajo costo. En la figura 4.5 se observa la conexión del microcontrolador con el sensor flotador, se utilizó el puerto B del microcontrolador para conectar a un terminal del sensor, el segundo terminal se manda a Vcc.

Para explicar su funcionamiento, en la figura 4.6 se muestra un tanque de agua con los tres niveles que se van a manejar. Este sensor necesita una diferencia de potencial de 5 Volt.

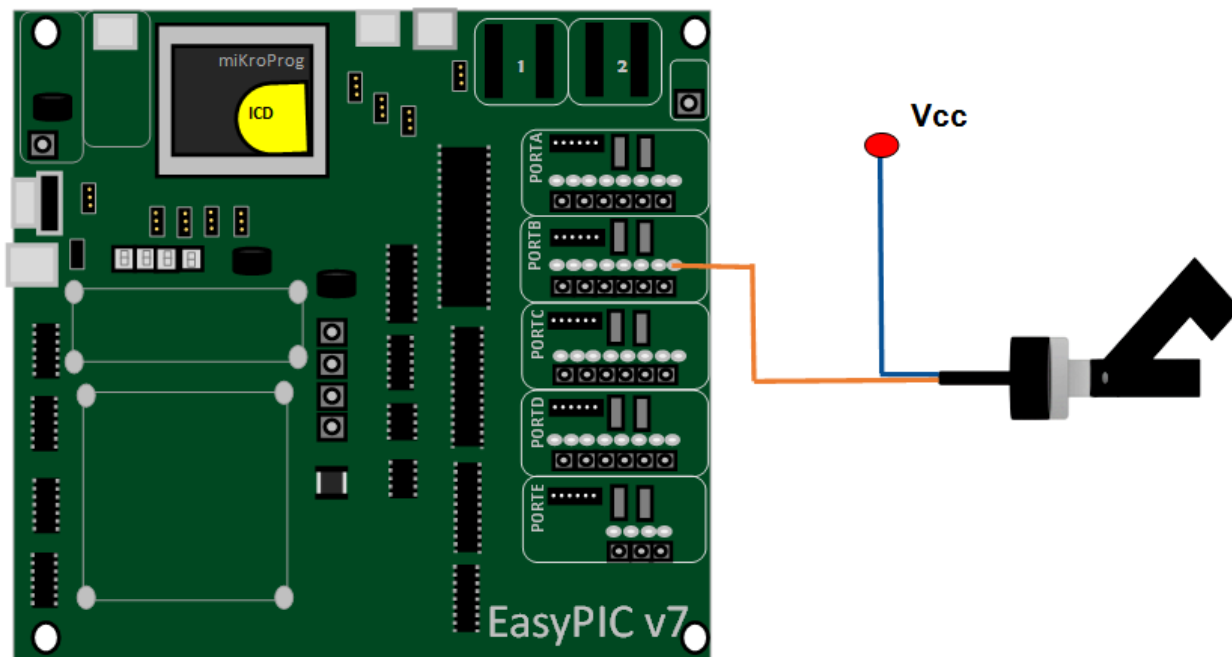


Figura 4.5. Diagrama de conexión sensor flotante y microcontrolador.

Como se puede observar, se tienen tres niveles, lo ideal es cuando está lleno; en el display del microcontrolador se comprobó los diferentes estados, es decir lleno, medio o vacío.

Se realizaron diferentes pruebas, se estuvo variando el nivel de agua del contenedor, hasta lograr activar el nivel alto, nivel medio y vacío, estos cambios se observan físicamente y se comprueban en el display del microcontrolador. Se simuló una cisterna y se adaptaron los sensores a un tubo de PVC.

Para realizar el monitoreo de nivel de agua se requirió de una bomba de agua, la cual permite vaciar el contenedor. En la figura 4.7 se muestra el arreglo de sensores, se observa que los 3 sensores se encuentran en estado alto por lo tanto el nivel de agua es lleno, posteriormente baja el nivel del agua llegando al nivel medio notificando en el display.

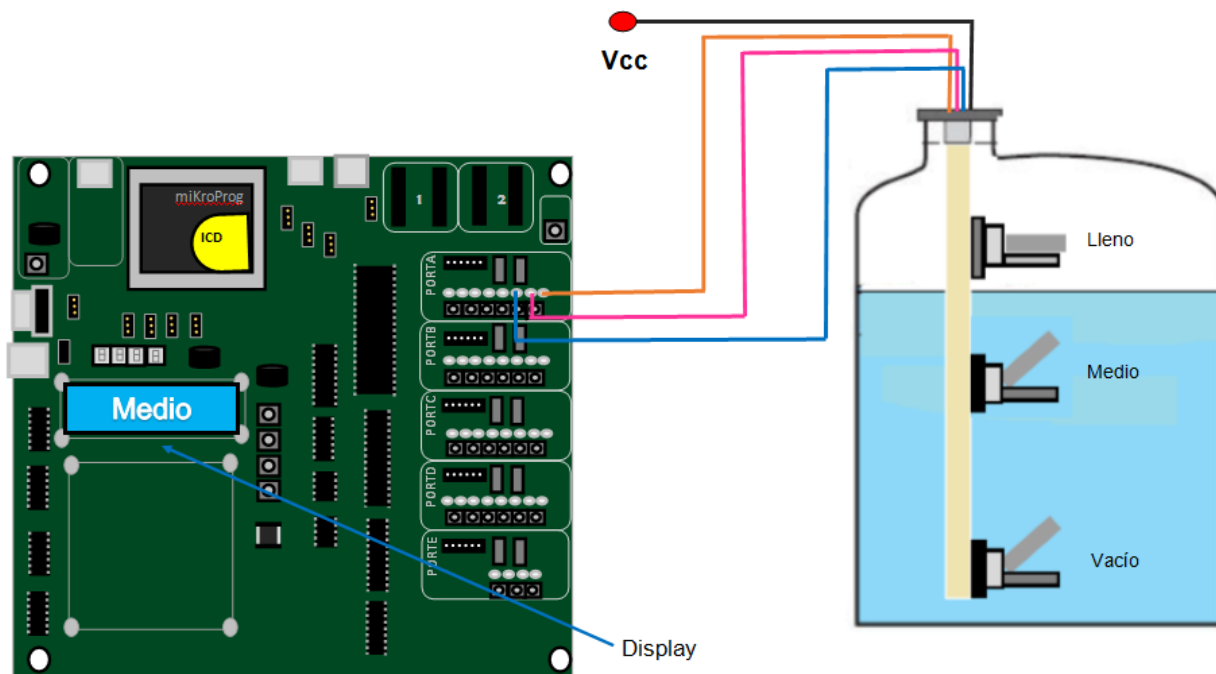


Figura 4.6. Prototipo para sensor de nivel.

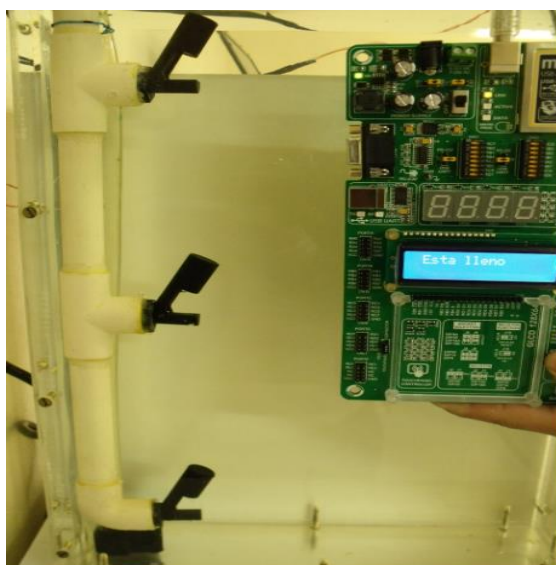


Figura 4.7. Sensor de nivel lleno.

Finalmente se realizó la prueba para cuando el contenedor está vacío, se puede observar en la figura 4.9.

Como se mencionó anteriormente, para simular los tres niveles del contenedor, se necesitó la ayuda de una bomba y una manguera para vaciar el tanque.

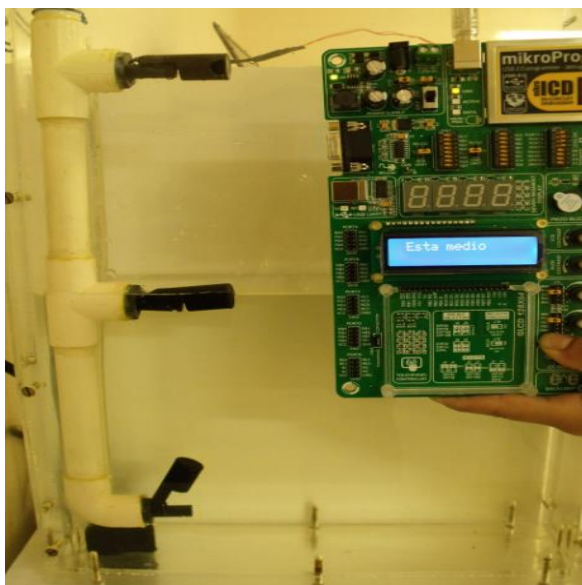


Figura 4.8. Sensor de nivel medio.

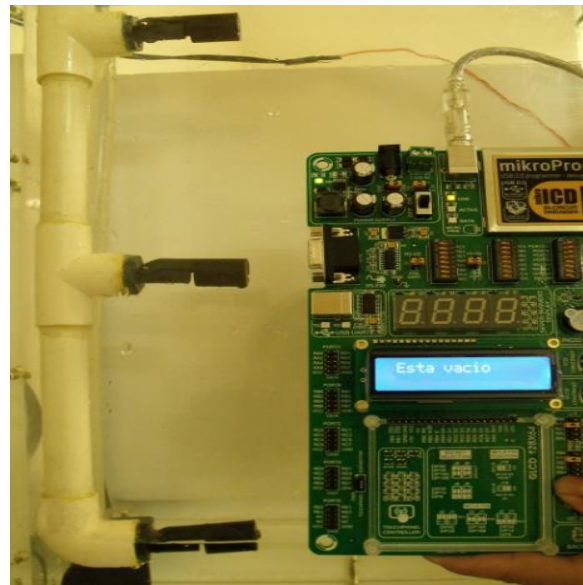


Figura 4.9. Sensor de nivel vacío

4.4. Humedad de la tierra en las áreas verdes.

Al ser una casa de descanso y al no haber alguien que se ocupe del cuidado de las áreas verdes, es de suma importancia monitorearlo para mantenerlo en óptimas condiciones. El enfoque es verificar la humedad de la tierra, si esta seca o si está en buenas condiciones. Se planea colocar un sensor de humedad que sea capaz de monitorear un área de aproximadamente 4 x 4 m².

De acuerdo a los sensores que se mencionaron en el capítulo 2, para nuestros fines el sensor más adecuado es de tipo capacitivo. Se eligió un sensor de acuerdo a las características que necesitamos, que es monitorear la humedad de la tierra. Se toman en cuenta distintos factores tales como: exactitud, tamaño, costo y tiempo de respuesta. El sensor que cumple las características es el YL-69, es una sonda con dos terminales separadas, contiene un módulo YL-38 como se muestra en la figura 4.10.

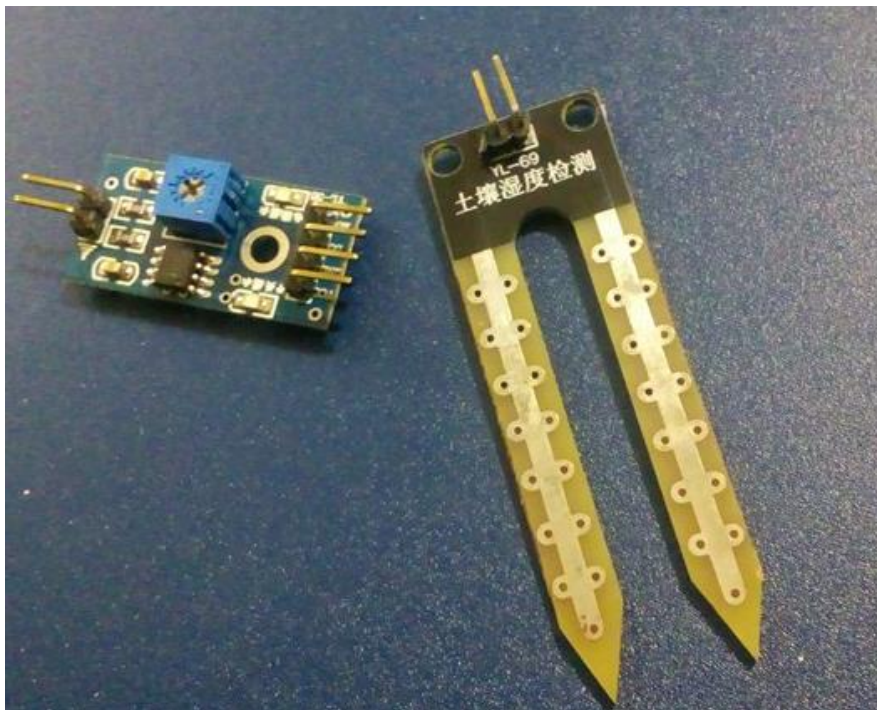


Figura 4.10. Sensor de humedad.

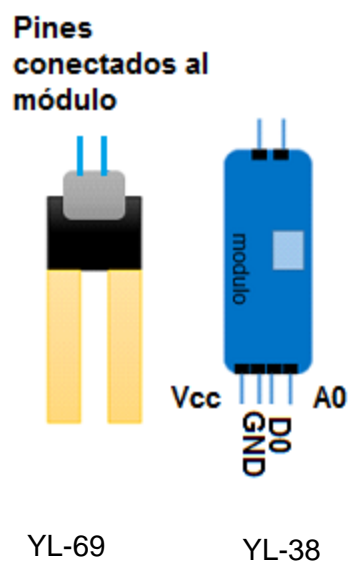


Figura 4.11. Sensor de humedad.

Este sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo, el módulo y sus pines de conexiones se observan en la figura 4.11.

El sensor es de tipo capacitivo, genera una diferencia de potencial entre las dos terminales del módulo YL-69, que conlleva a la circulación de corriente dependiente de la resistencia que se genera, relacionada con la humedad, en otras palabras, entre mayor humedad, mayor flujo de corriente, entre menor humedad la corriente disminuye.

Su funcionamiento se basa en el cambio de la constante dieléctrica. Este sensor cuenta con dos estados lógicos 0 y 1. Para su funcionamiento se necesita una tensión de 5 Volt. Cuenta con una señal de salida analógica y una señal de salida digital, la cual se ajusta con un potenciómetro. El sensor YL-69 continuamente estará detectando la humedad del jardín, esto se puede verificar en el display del microcontrolador, cuando se tenga un estado lógico 0 se tendrá una leyenda que el jardín se encuentra seco.

Cuando se encuentra en estado lógico 1, es decir, húmedo, se afirma que el jardín se encuentra en buenas condiciones. En la figura 4.12 se muestra la conexión del módulo con el microcontrolador. Para esto se utilizó el Puerto B del microcontrolador, se conecta directamente con la salida digital del sensor y como se muestra en la imagen se conecta al módulo del sensor, el sensor necesita un voltaje de polarización de 5 Volt, y la otra terminal se conecta a tierra.

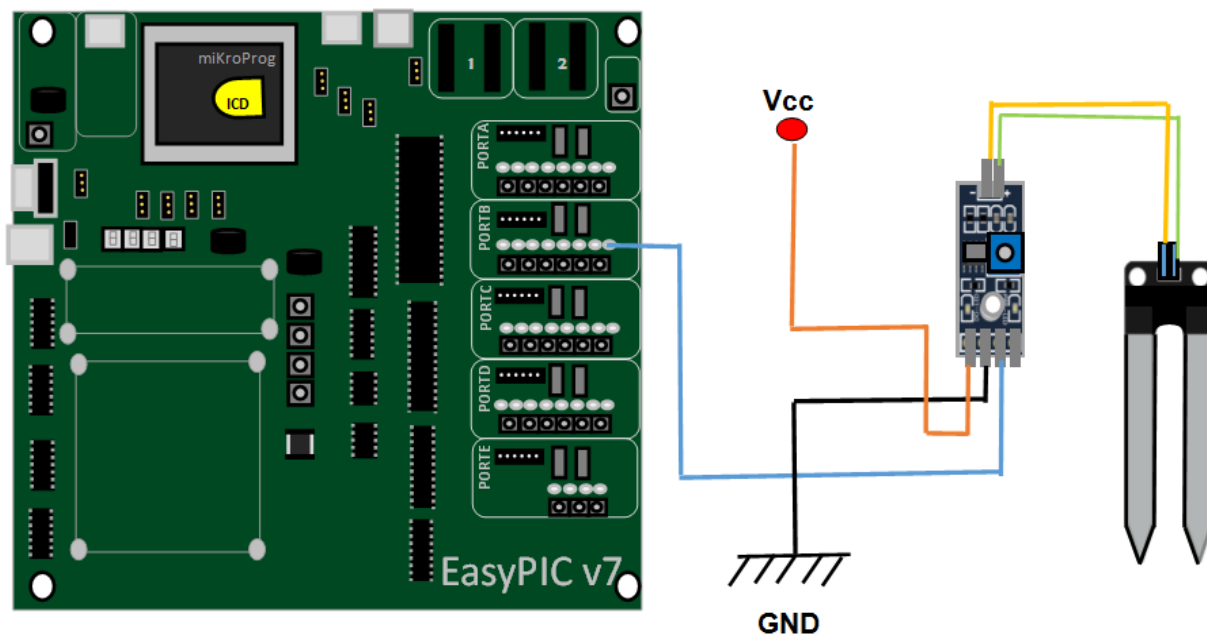


Figura 4.12. Conexión de sensor de humedad con microcontrolador.

Se realizaron varias pruebas con los sensores y el microcontrolador. En la figura 4.13, se observa el sensor de humedad colocado en la tierra con el objetivo de medir los diferentes estados de humedad de la tierra. La primera prueba que se realizó fue cuando la tierra se encuentra seca, donde se coloca la sonda YL-69 en la tierra seca, como se muestra en la figura 4.14 se verificó la correcta lectura de estado en el display del microcontrolador.

Se realizó el mismo experimento, cuando la tierra se encuentra en buenas condiciones, obteniendo los resultados mostrados en la figura 4.15.



Figura 4.13 Sensor de humedad.



Figura 4.14. Sensor de humedad en tierra seca.



Figura 4.15. Sensor de humedad en estado húmedo.

4.5. Seguridad en la casa de descanso.

Toda persona busca el bienestar y la seguridad de su patrimonio. Como ya se ha mencionado en los apartados anteriores, la casa se encuentra sola y es indispensable tener la seguridad de que la casa se encuentra bien. Para que el inmueble este seguro se plantea colocar sensores en puertas y ventanas ya que son puntos vulnerables.

En el capítulo 2 se trataron varios tipos de sensores, para nuestros fines el más adecuado es el de tipo infrarrojo. En la figura 4.16, se observa el sensor PIR, posteriormente se mencionan las características del mismo. Se eligió este sensor ya que es económico, práctico y además tiene la ventaja que su sensibilidad es ajustable junto con el tiempo de respuesta del sensor.

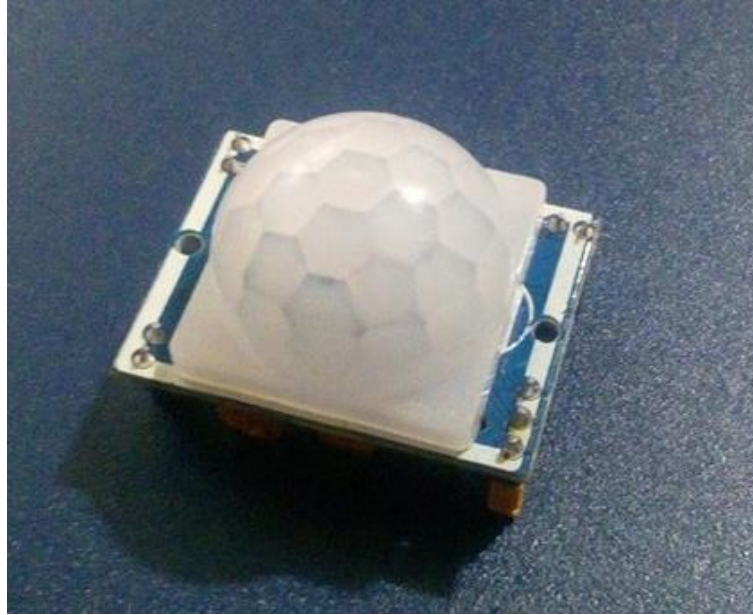


Figura 4.16. Sensor de presencia.

El sensor PIR detectan los cambios bruscos de temperatura en un punto determinado, éstos reaccionan solo ante determinadas fuentes de energía tales como el calor del cuerpo humano o animales. Los componentes de un PIR mostrados en la figura 4.17 son:

- Lente
- Sensor piroeléctrico.
- Amplificador.
- Circuito de detección.

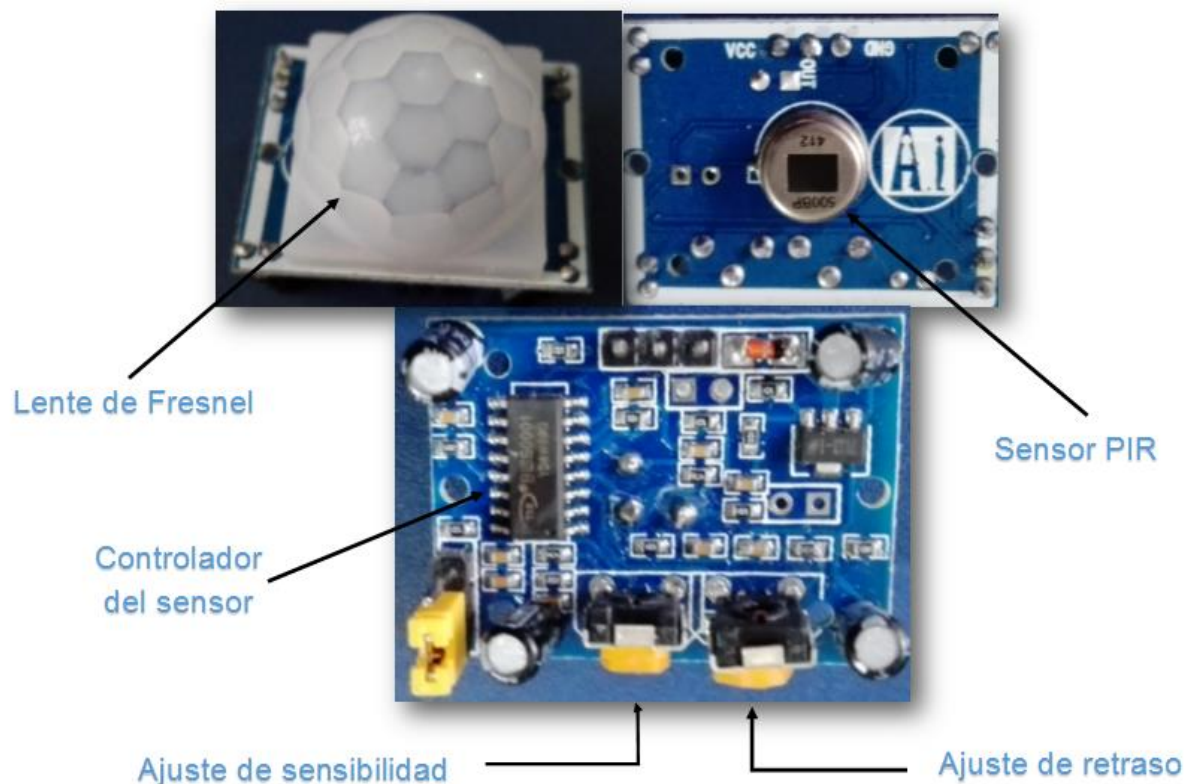


Figura 4.17. Sensor de presencia.

La información infrarroja llega al sensor piroeléctrico a través del lente, que divide el área en sectores. Estos sensores identifican la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo y el espacio alrededor.

Si una persona camina rápidamente o se mueve cerca del sensor, la señal disminuye en relación al cambio.

El PIR detecta personas a una distancia mínima de 0.5 cm y máxima de 12 m dentro de un ángulo de 140°. Además, son vulnerables a espacio libre y por lo tanto son utilizados en interiores. Para su funcionamiento es necesario alimentarlo con 5 Volts. En la figura 4.18 se muestran los pines del sensor PIR:

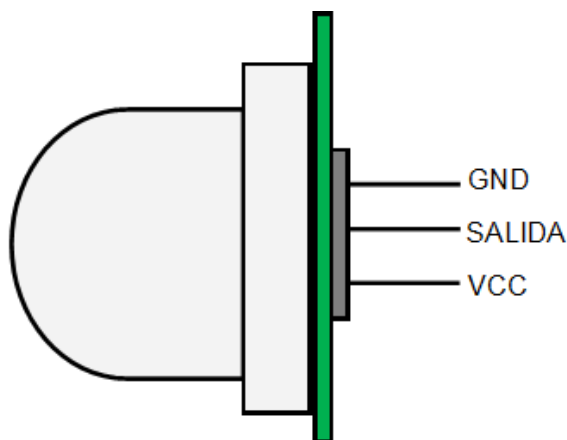


Figura 4.18. Sensor PIR.

En la figura 4.19 se observa la conexión del sensor PIR con el microcontrolador utilizando el puerto B, los otros dos pines del sensor se conectan a Vcc y GND.

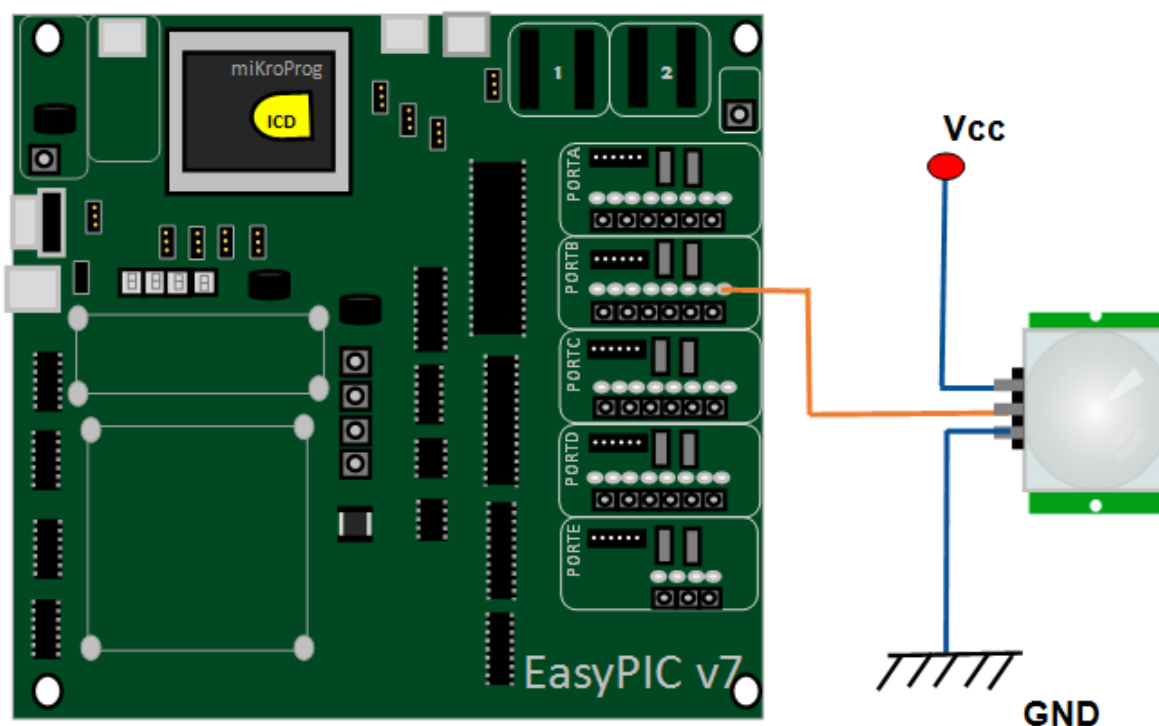


Figura 4.19. Diagrama eléctrico conexión sensor PIR con μ .

Se verificó el alcance del sensor, se realizaron 25 pruebas a cada uno de los sensores a utilizar en la figura 4.20 muestra los resultados obtenidos. Cuando se toma la mínima

sensibilidad, por ende, la distancia de detección es menor, ésta es de aproximadamente 7 m, y con una sensibilidad máxima se tiene una distancia de 12 m de detección.

Se propuso colocarlos en una puerta y una ventana, que son los lugares estratégicos para el monitoreo de la seguridad, y se divide en tres niveles como se muestra en la figura 4.21. En la figura 4.22 se muestra cómo se colocaron los sensores según su ángulo de detección:

La colocación de los sensores tiene como objetivo identificar personas y así evitar falsas alarmas con la presencia de animales.

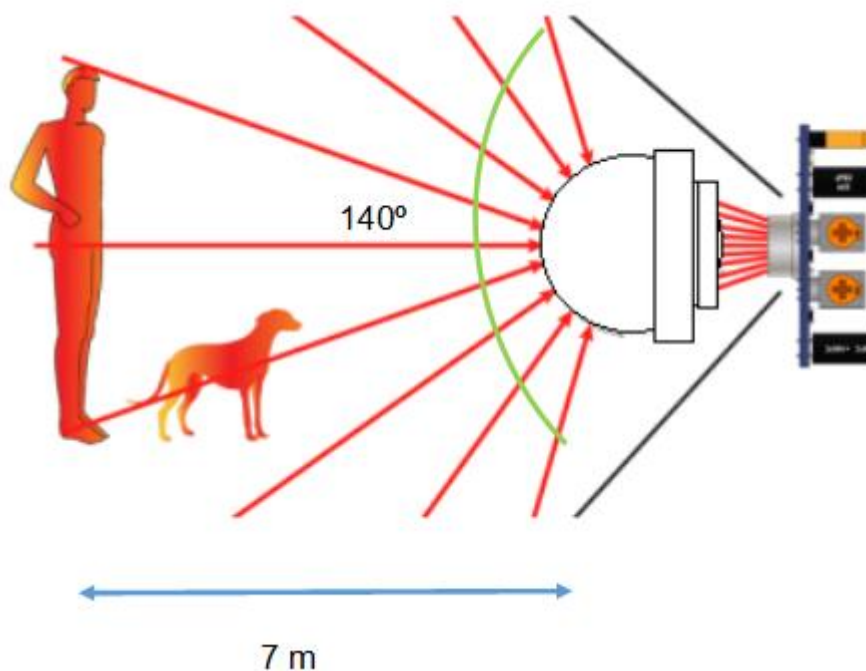


Figura 4.20. Rango de detección para una sensibilidad mínima.

Si se activa únicamente el sensor 3 se tiene dos posibilidades: es alguna mascota, o posiblemente una persona. Si se activa el sensor 3 y 2, se afirma que es una persona, pero sin contacto a la cerradura, ya que el sensor 1 es el único que detecta movimiento

en la cerradura, por lo tanto, al tener los tres sensores activos, se cerciora que hay una persona ajena al inmueble.



Figura 4.21 Simulación de los sensores en una puerta.

Es necesario considerar las ventanas, pues son otro acceso al interior de la casa. Se propone un diseño igual al que se realizó para la puerta, con la diferencia que en una ventana se colocan dos sensores, pues el tamaño de la ventana es menor con respecto a la puerta, pero para evitar espacios sin detección, se colocaron tres.

En la figura 4.23 se mostrará el prototipo de la ventana con los sensores. Se realizó el diagrama de detección en la ventana, obteniendo la cobertura como se ve en la figura 4.24.

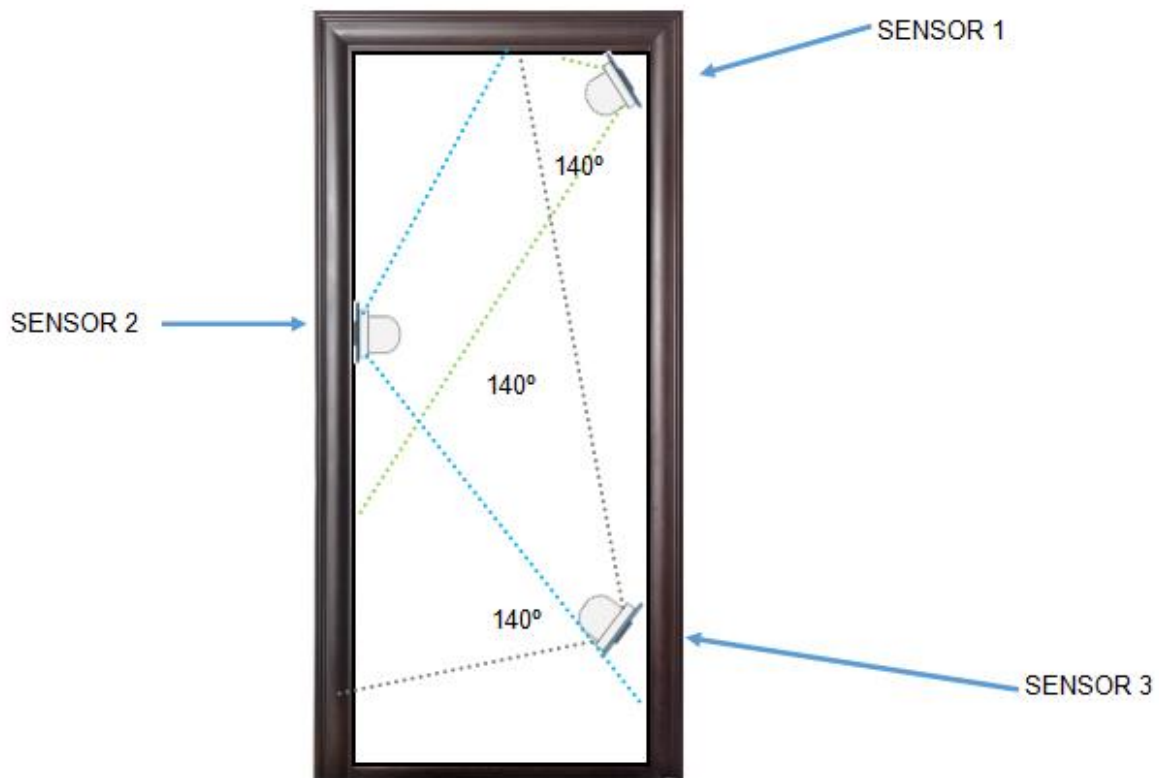


Figura 4.22. Colocación estratégica de sensores de presencia



Figura 4.23. Ventana con sensor PIR.

Para la simulación solo fue necesario colocar uno, ya que la venta y puerta fueron representadas a escala.

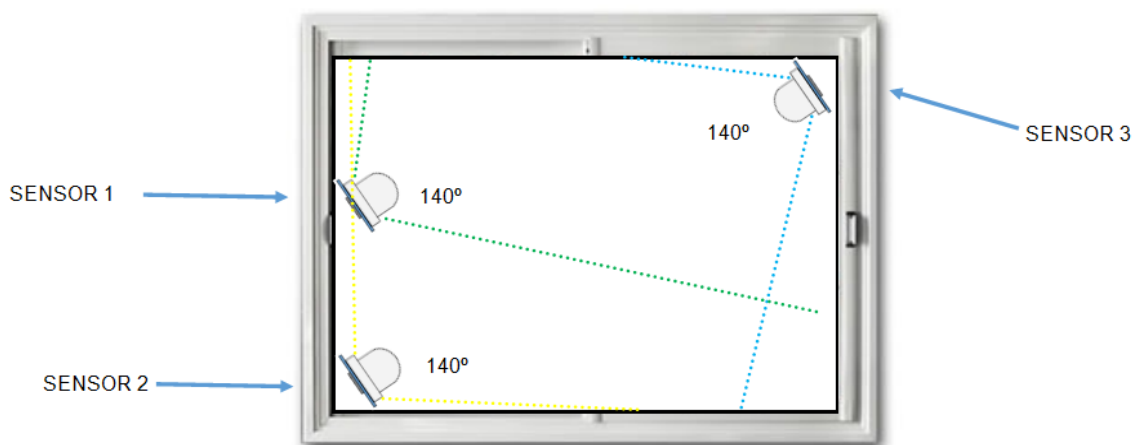


Figura 4.24. Ventana con sensor PIR.

En la figura 4.25, se puede observar la simulación que se realizó para comprobar el funcionamiento de los sensores de presencia. Cuando el sensor detecta presencia, se despliega en el display de la tarjeta que hay un intruso.

El muñeco que se colocó, no es suficiente para que este detectara, pero basto con hacer movimientos con la mano que se sujetó al muñeco.

Al no detectar algún movimiento, de igual manera se observa en el display que la casa se encuentra segura, esto se puede notar en la figura 4.26.

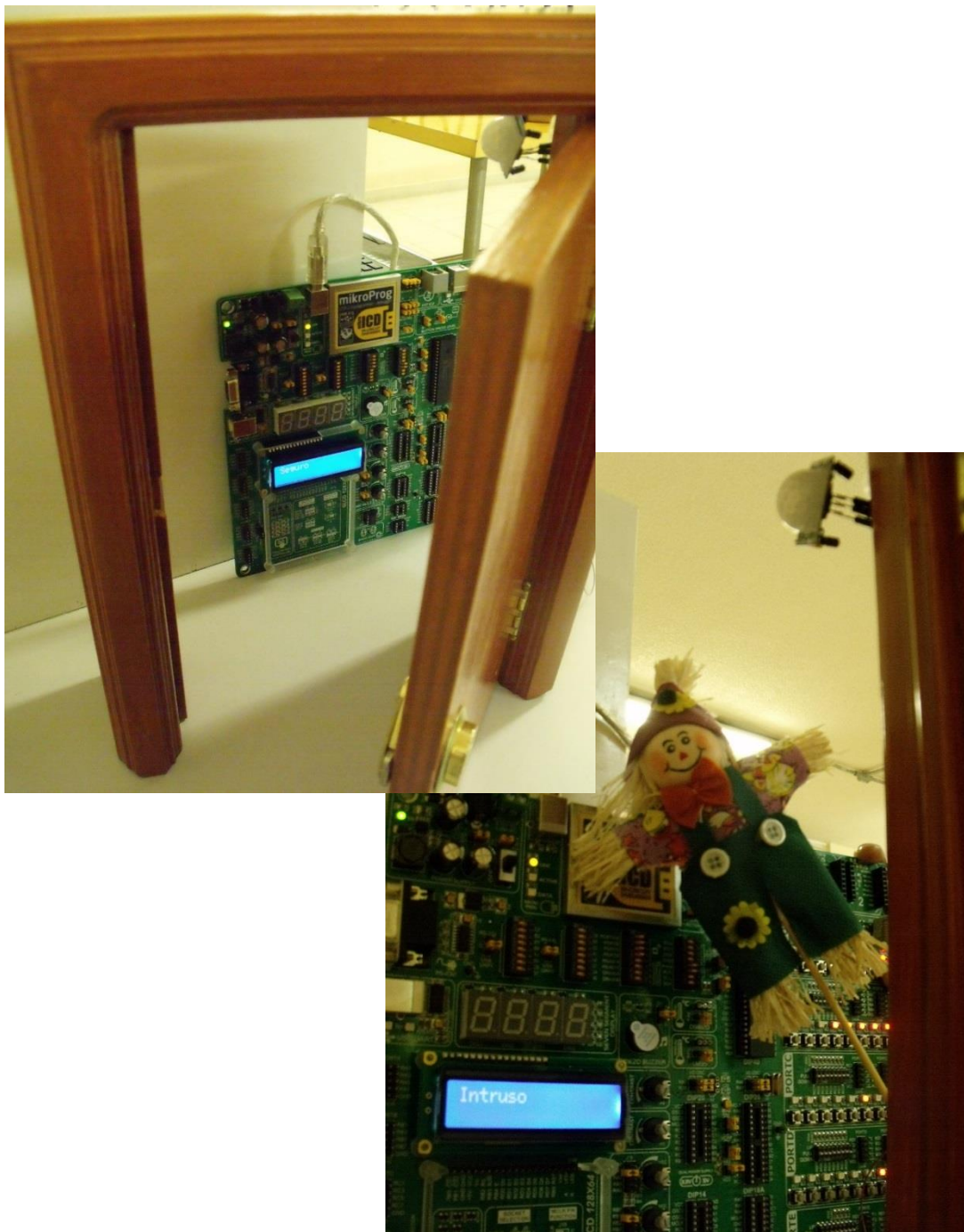


Figura 4.25. Sensor en la puerta, detectando un intruso.



Figura 4.26. Sensor de movimiento, casa segura.

Cuando el sensor detecta algún tipo de movimiento, se observa en el display del microcontrolador “intruso”, y de lo contrario se observará que está “seguro” la habitación donde se encuentra el sensor. En la figura 4.27, se verifica la presencia de alguna persona.

En la siguiente imagen se muestra cuando la habitación se encuentra segura, figura 4.28.



Figura 4.27. Sensor PIR para la ventana detectando intruso.



Figura 4.28. Sensor de movimiento, con casa segura

Capítulo 5



Integración del sistema.

5.1. Red de telefonía móvil GSM.

Se requiere de una tecnología que nos permita monitorear una casa a distancia y que además sea de acceso viable para el usuario. Es accesible adquirir un equipo de telefonía móvil, además de que los precios varían de acuerdo a las necesidades de cada usuario. Las tarifas móviles son muy económicas, y se puede adquirir planes que se acoplen a cada usuario.

La comodidad de utilizar la red de telefonía móvil es mejor comparada con la de telefonía fija, un equipo de telefonía móvil puede ser transportado a cualquier sitio, hoy en día los dispositivos son pequeños y delgados.

5.2 Selección de módulo GSM.

En el mercado hay distintos módulos de GSM como se muestra en la tabla 5.1. Analizando la información, Arduino GSM/GPRS SIM900 es la mejor opción ya que su costo en comparación con los demás es económico y la entrega es inmediata, es compatible con diferentes microcontroladores y existe mayor información sobre sus características físicas y técnicas.

Módulo de GSM sim900	Características	Disponibilidad en el mercado	Costo
SIM808	Este módulo es de red 2G.		\$600+envío
GSM/GPRS sim800L	Banda de GSM850, EGSM900. NO hay información de este módulo.	Tarda aproximadamente 30 días la entrega.	\$500

Módulo de GSM sim900	Características	Disponibilidad en el mercado	Costo
Arduino GSM/GPRS SIM900	<p>Se puede controlar con distintos microcontroladores.</p> <p>Es controlada a través del puerto UART por medio de comandos AT.</p> <p>Esta entrega mayor prestación en los modos GSM/GPRS en las bandas de 850/900/1800/1900 MHz para voz, SMS.</p> <p>Compatible: Arduino uno, MEGA, NANO, MX232 seeduino MEGA, seeduino, y con distintos microcontroladores.</p>	<p>- Mecatrónica digital en México.</p> <p>- CIRCUITO INTEGRADO-chino.</p> <p>- Domotic LAND-chino.</p>	\$1,798
SIM5320E 3G módulo de GSM GPRS	<p>Compatible: con Arduino 51 STM32, AVR MCU.</p> <p>GSM 850MHZ/900MHZ/1800MHZ/1900MHZ</p> <p>WCDMA 900MHZ/2100MHZ</p> <p>HSPA HSDPA</p>	Este producto tarda aproximadamente 15 días en entregarse.	\$1,500 + envío
SIM800C	Modelo compatible: Arduino 51 SMT32 AVR MCU, FRECUENCIA: 850/900/1800/1900 MHz	- AliExpress	\$2,263
SIM5216E módulo GSM/GPRS/E DGE	Módulo HSDPA / WCDMA / GSM / GPRS / EDGE de múltiples bandas que admite HSDPA hasta 3.6Mbps para transferencia de datos de enlace descendente. El escudo 3G se puede utilizar para la comunicación 3G, se controla a través de comandos AT y es totalmente compatible con Arduino.	Canadá, Arabia Saudita, Hong Kong, Taiwán,	\$1,700 + envío.

Tabla 5.1. Módulos en el mercado.

5.3 Módulo SIM900 GSM.

Esta es una tarjeta compacta de comunicación inalámbrica. Además, es compatible con todos los modelos de Arduino y se puede controlar con otros microcontroladores.

Utilizar el módulo de GSM SIM900, permite entablar comunicación en la banda de 900MHz, mandar y recibe llamadas y SMS, conexión a internet. Además de que tiene soporte para GPRS. Este tipo de tecnología inalámbrica está disponible en todo el mundo.

El módulo trabaja con comandos AT que sirve de interfaz para poder configurar instrucciones a las terminales.

El módulo SIM900 es capaz de funcionar en cualquier red GSM en el mundo gracias a que se trata de un dispositivo de 4 bandas (850/900/1800/1900MHz). El módulo tiene distintas aplicaciones tales como: domótica, sistemas de seguridad, control de acceso, rastreo de llamadas telefónicas.

5.3.1 Descripción.

ICOMSAT, SIM900 GSM/GPRS SHIELD, es un módulo de GSM cuyas características se enlistan a continuación:

- Cuatri-Banda 850/900/1800/1900 MHz
- Se controla con comandos AT que es un protocolo de comunicación UART. Sim900 es un módulo de comunicación inalámbrica esta tarjeta es controlada con microcontroladores, para establecer comunicación.
- Tiene una salida y entrada de audio.
- Contiene un soporte para GPRS.
- Alimentación de 5 Volt.
- Consumo de corriente continua máxima de 500 mA.

Estas características cumplen las necesidades de este proyecto.

5.3.2 Características.

En la figura 5.1, se muestra el diagrama del módulo obtenido de hojas de especificaciones en la que se muestran las diferentes interfaces del módulo. En este caso se utilizó la interfaz UART para comprobar el funcionamiento del módulo como se muestra en la figura 5.2.

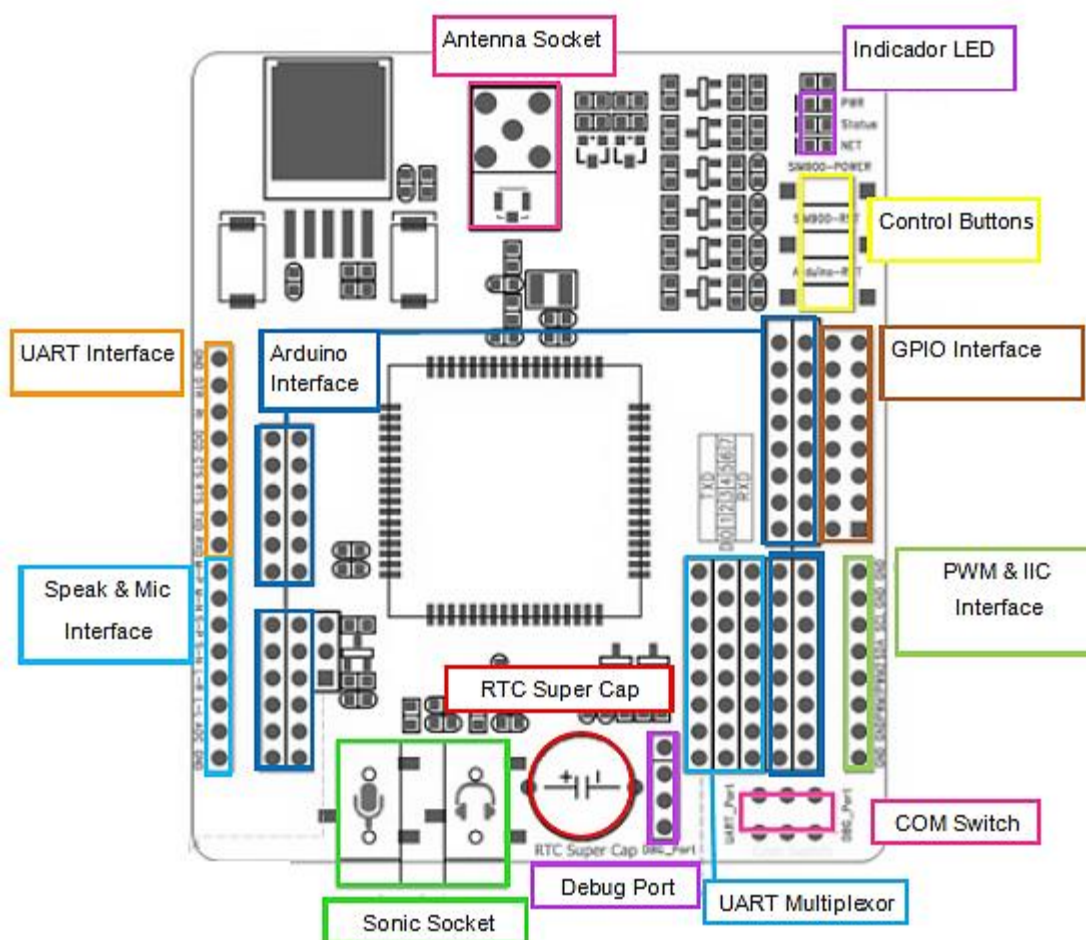


Figura 5.1. Diagrama del módulo de GSM.

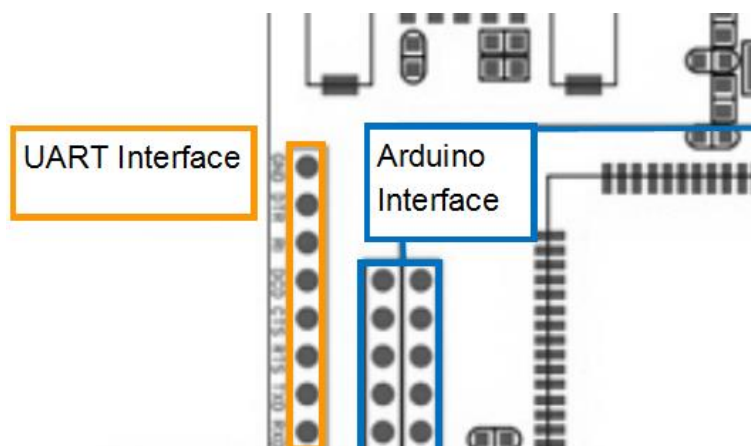


Figura 5.2. Diagrama del módulo de GSM, interfaz UART.

5.3.3. Configuración.

- **Modulo-PC.**

Se utiliza la comunicación UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) que permite transmitir datos entre equipo de terminal de datos, en este caso una computadora y equipo de comunicación de datos. Este se divide en transmisor y receptor. Primero se debe de establecer un comando de control para señalar los datos. La comunicación asíncrona consiste en que cada byte es enviado de forma independiente, si no hay información que enviar, el medio se encuentra en reserva.

Para realizar pruebas iniciales se necesita revisar el funcionamiento del módulo, se estableció la comunicación entre computadora-módulo por medio de un software llamado *Docklight*, que permite supervisar la comunicación entre dos dispositivos conectados en serie.

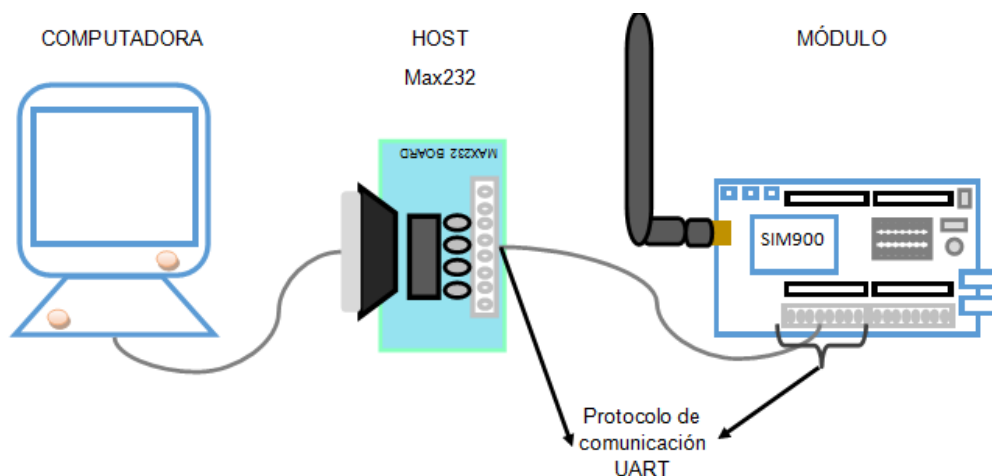


Figura 5.3. Conexión con el módulo-computadora.

En la figura 5.3 se tiene la conexión que se utilizó para poder realizar las pruebas iniciales del módulo SIM900, se utilizó una computadora con el software antes mencionado, un host, se requirió de un MAX232, el cual es un accesorio de la tarjeta EasyPIC^{V7} y el módulo de GSM.

Primero se tuvieron que colocar los jumpers del módulo GSM como se muestra en la figura 5.4.

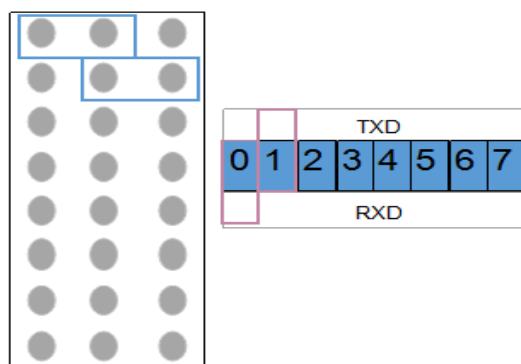


Figura 5.4. Host 232.

En el *Debug Port* del módulo GSM se selecciona la comunicación UART_PORT con el jumper, como se muestra en la figura 5.5.

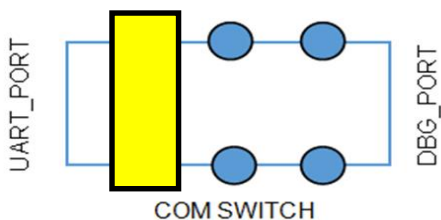


Figura 5.5. DEBUG.

Para configurar el puerto en Docklighth es necesario seleccionar:

- La interfaz serial operado a 8 bits de datos.
- Sin paridad.
- 1 bit de paridad.
- Velocidad de transmisión de 9600 baud.

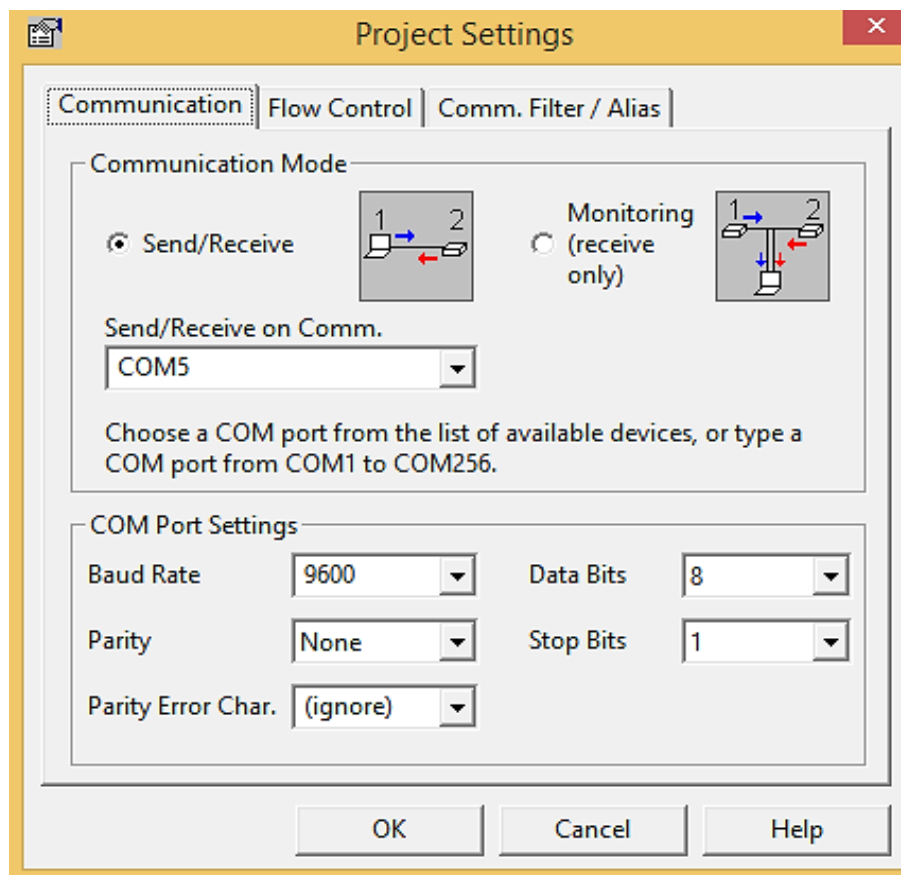


Figura 5.6. Configuración de Docklighth.

En la figura 5.6, se observan los parámetros que se necesitan para la configuración del puerto para la comunicación del módulo SIM900 y la computadora.

Es necesario el uso de comandos AT para la configuración del módulo. Los comandos AT es el lenguaje que se tiene con una terminal para establecer una comunicación. Las iniciales AT provienen de la palabra en inglés *ATTENTION*. Los comandos AT están estructurados como petición y fin de línea, es decir: AT+FIN DE LINEA. En la tabla 5.1 se muestran los comandos AT utilizados para la configuración del módulo-PC.

Comandos AT	Características
AT	Este comando nos permite visualizar que el módulo esté funcionando de manera correcta.
AT+CPIN?	Este comando nos da una respuesta si se necesita de una contraseña para la SIM, o simplemente se puede proseguir en este caso solo se tuvo como respuesta y se prosiguió
AT+CSMS	Nos permite seleccionar el servicio del mensaje.
AT+CMGF=1	Da el formato del mensaje y se compone en dos partes: <ul style="list-style-type: none"> • PDU=0 (<i>Protocol Description Unit</i>), en modo PDU el mensaje viene en octetos hexadecimales, como resultado de la codificación, el mensaje resulta en modo texto. • SMS=1, se representa como modo texto, en este caso se requirió de este tipo de modo. La ventaja de PDU con respecto al mensaje en modo texto no limita la codificación.
AT+CMGS	Comando que permite enviar mensajes, con tan solo introducir el número de teléfono después del comando.
AT+CMGR=1	Lee el último mensaje que le llega al módulo. Basta cambiar el 1 por el 2 para leer el segundo mensaje y así sucesivamente.
ATZ	Reset al módulo.

Tabla 5.1. Comandos AT.

En la figura 5.7, se muestra el envío de la petición del comando y la contestación correcta. Como se muestra en la figura 5.8 se recibió un READY, esto significa que la SIM no necesita de una clave de seguridad o contraseña.

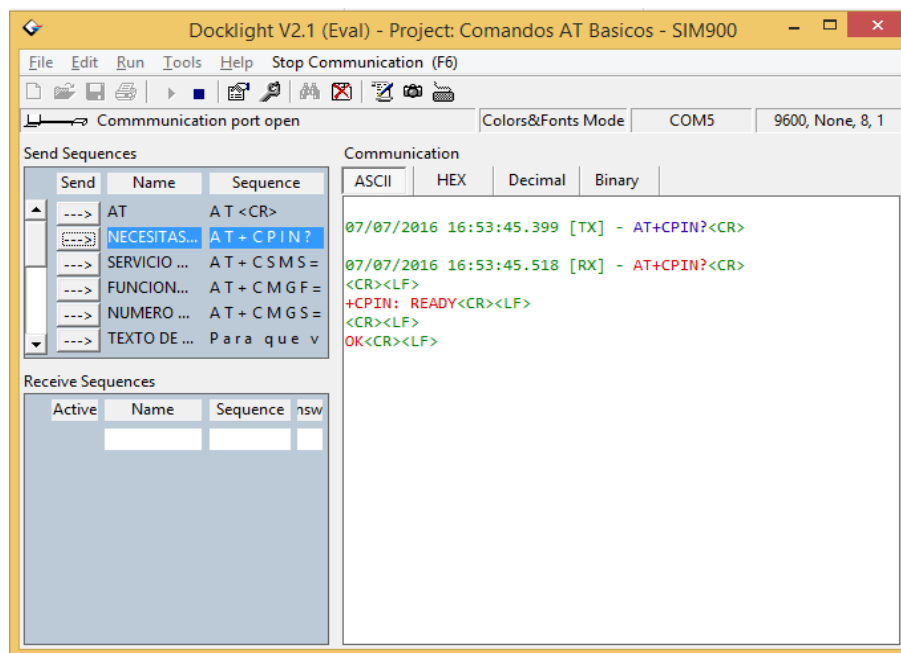


Figura 5.7. Dockligh AT.

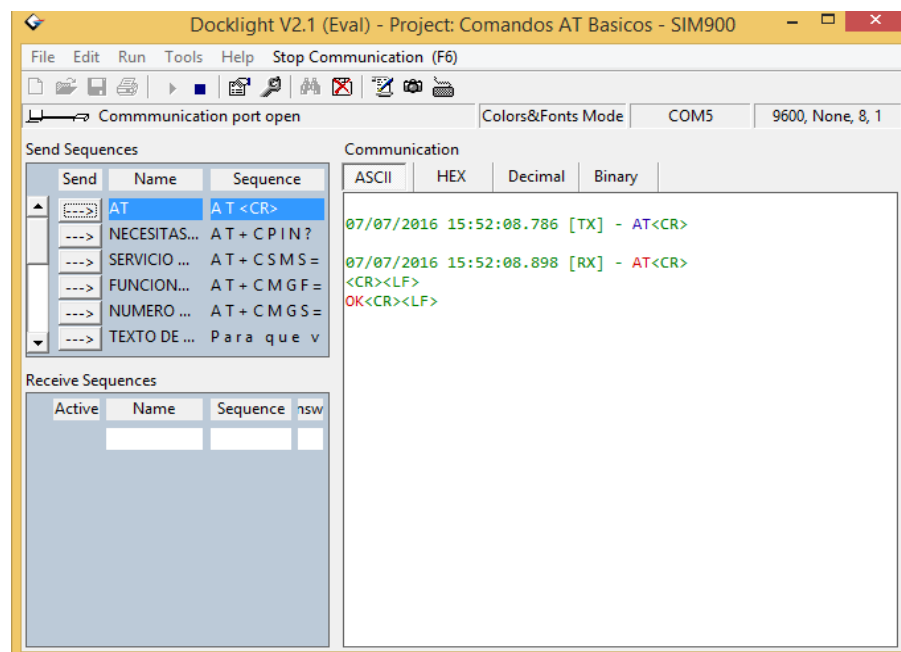


Figura 5.8. Dockligh AT+CPIN.

El comando AT+CMGF se puede verificar en la figura 5.9.

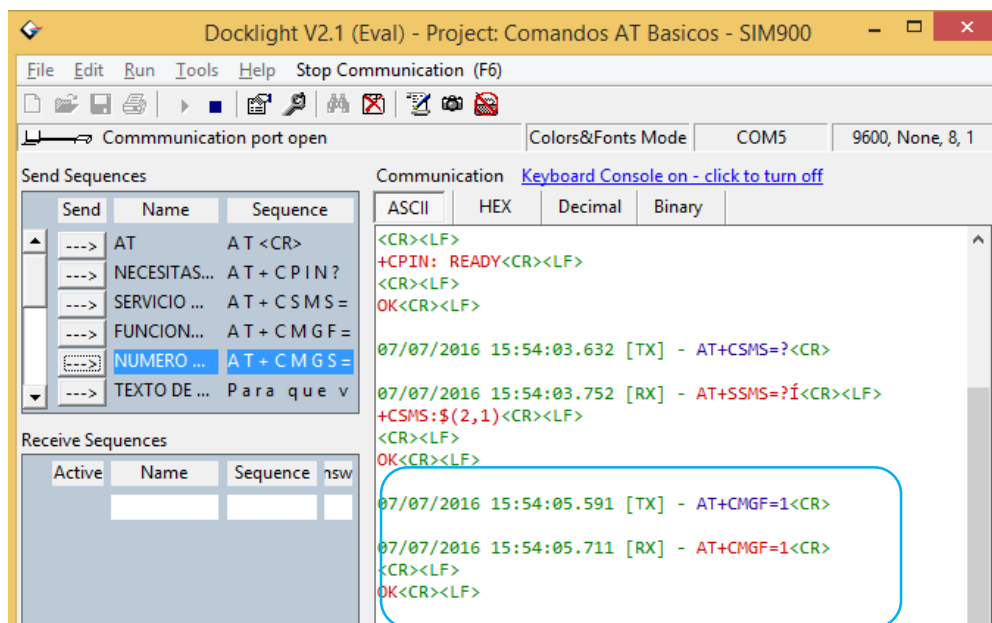


Figura 5.9. Dockligh AT+CMGF.

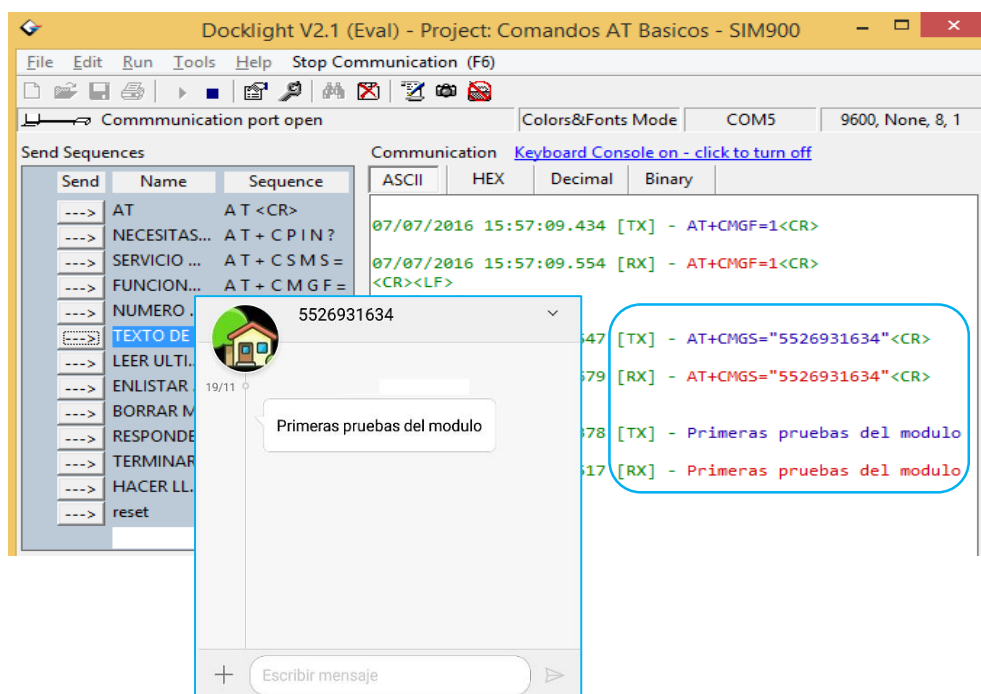


Figura 5.10. Número y mensaje de texto.

En la figura 5.10 se observa el número a quien se le enviara el mensaje y se escribe el texto que será enviado.

Y por último en la figura 5.11 se observa el envío y recepción del mensaje, comprobando la comunicación entre módulo-PC.

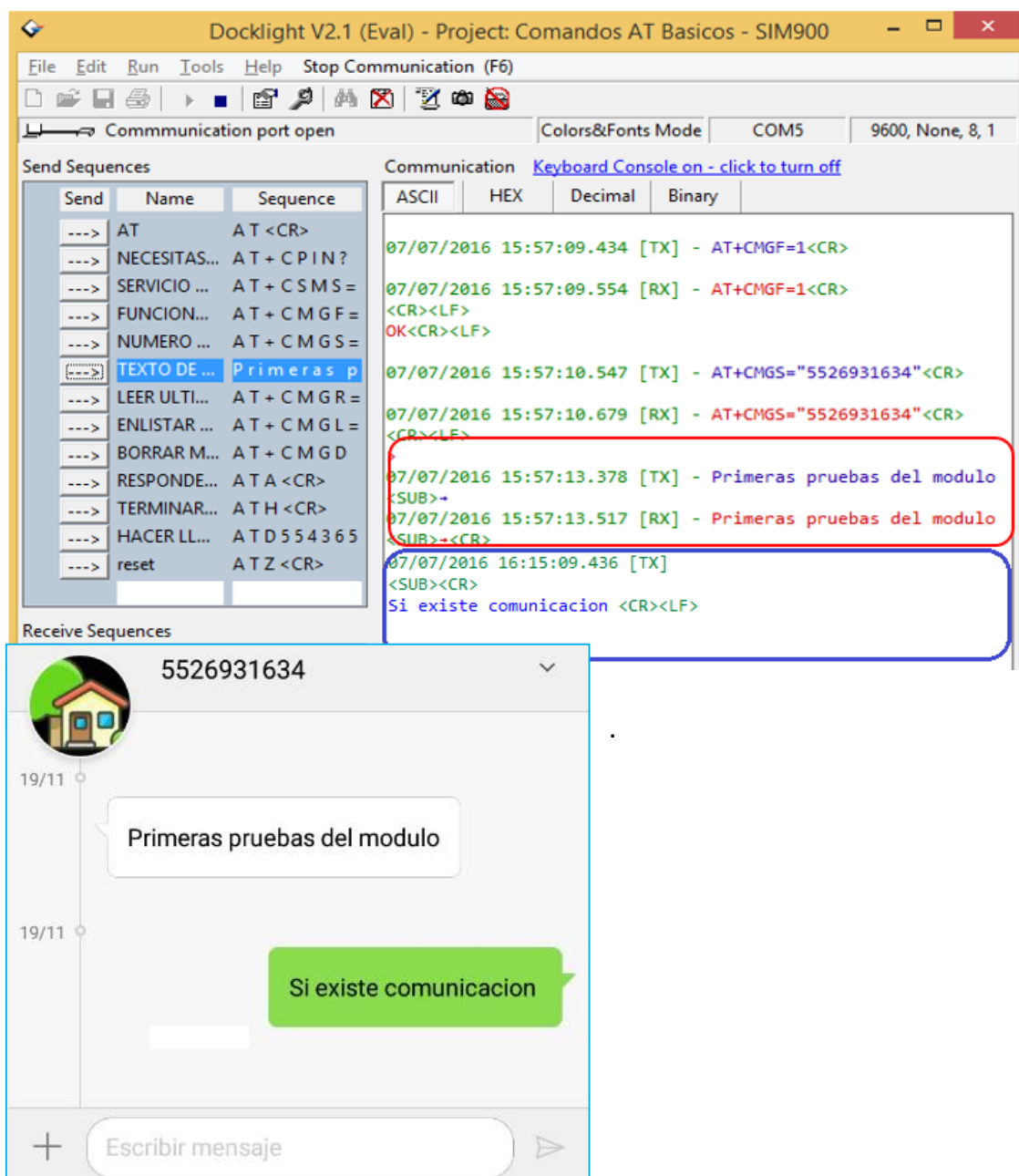


Figura 5.11. Docklighth mensaje envió y recepción.

- **Modulo-Microcontrolador.**

La conexión del sistema con el PIC es asíncrona, se conecta RX del módulo con RX del PIC y TX del módulo con TX del PIC, esta conexión se observa en la figura 5.12



Figura 5.12. Conexión módulo de GSM y tarjeta de desarrollo Mikroelektronika.

Se probó utilizando la biblioteca de MikroC Software-UART, esta permite establecer la comunicación entre el PIC y el módulo SIM900 a través del protocolo RS232.

Es necesario configurar el puerto que se utilizará, es decir, la velocidad de transmisión a 9600 baud. Se necesita TX del módulo y TX del microcontrolador, al igual que el RX. El puerto a utilizar en este caso es el puerto C.

5.4 Integración del sistema.

Para integrar cada uno de los sensores, es decir, presencia, humedad de tierra y de nivel al sistema, se conectan al pic18F45K22 que se encuentra en la tarjeta de desarrollo Mikroelektronika EasyPic V7, así mismo, se conecta el módulo de GSM.

En la figura 5.13 se muestra la conexión de el microcontrolador, los sensores y el módulo de Sim900 GSM.

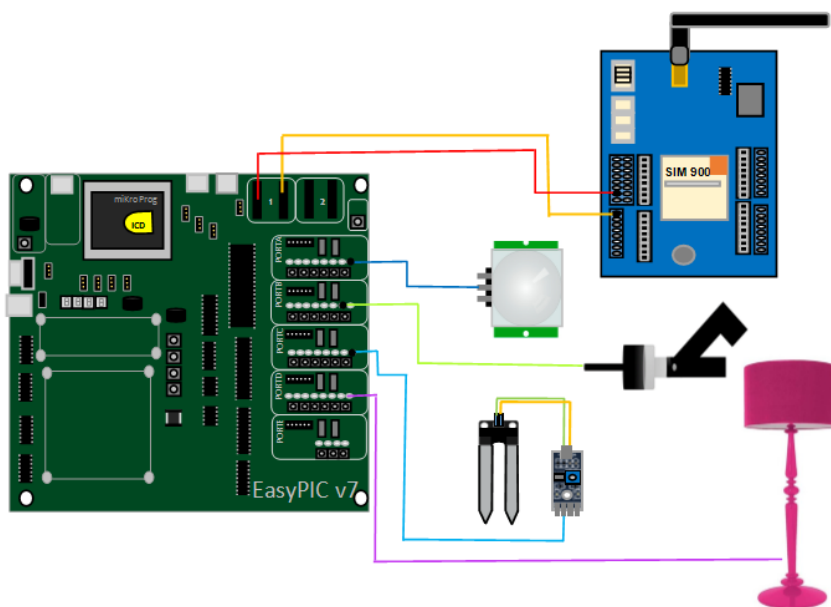


Figura 5.13. Integración del sistema.

5.5 Protocolo de pruebas.

Después de haber integrado todos los elementos continuamos con comprobar la comunicación del sistema con el usuario.

Para comprobar que existe comunicación entre el sistema y el módulo, el usuario envía un mensaje de texto desde su móvil con la leyenda “Activar sistema”. Para comprobar que el sistema está recibiendo el mensaje tendrá que responder al usuario con un mensaje diciendo “Su sistema está activado, se le notificará cuando haya una irregularidad”. En la figura 5.14 se muestra la correcta comunicación entre sistema y usuario.

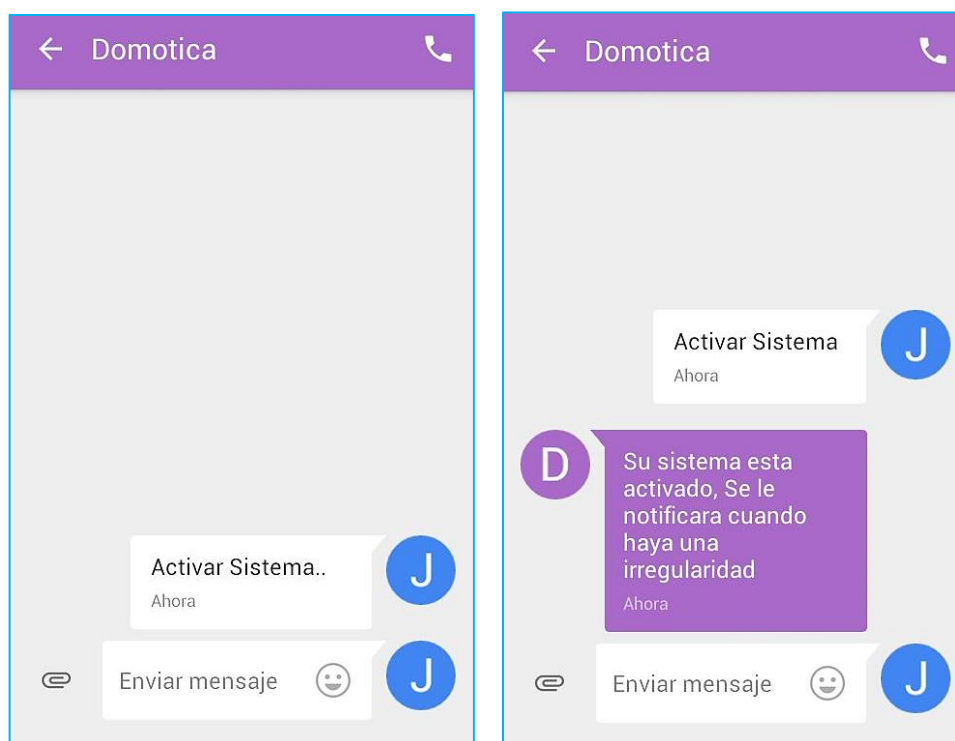


Figura 5.14. Mensaje enviado por el usuario, y el sistema confirma la activación.

Desde el momento que el sistema envía al usuario el mensaje de texto, el sistema se activa, y por consiguiente empieza a monitorear todas las métricas mencionadas anteriormente. Como es una casa de descanso y siempre se encuentra sola, el sistema

siempre estará monitoreando y para desactivarlo será de forma manual, pues no es necesario monitorear cuando ya hay personas en la casa, y además es un total error desactivarlo cuando la casa está sola.

Con respecto a la iluminación, cuando se activa todo el sistema la programación de la iluminación empieza a funcionar, es decir, todos los días a las 18 horas se encenderá la iluminación, permanecerá así y hasta las 22 horas se apagará automáticamente. En la figura 5.15, se muestra el mensaje cuando la iluminación empieza a funcionar automáticamente.

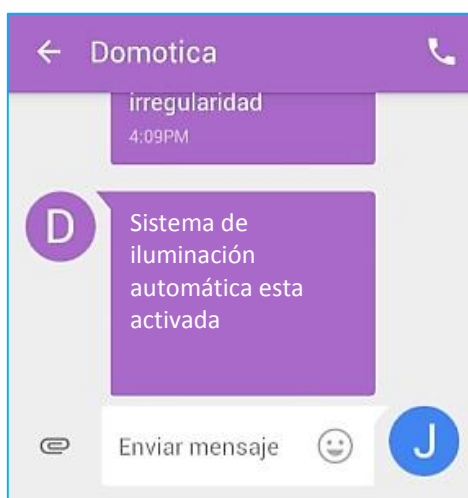


Figura 5.15. SMS notificando la activación del sistema de iluminación.

Con respecto a las condiciones del jardín, el sensor que estará monitoreando es el de humedad. Este sensor detectará cuando el área verde se encuentre seco, cuando el área se encuentre en este estado, se notificará al usuario a través de un mensaje de texto.

En la figura 5.16, se muestra la conexión física del módulo con el microcontrolador y el sensor de humedad. En la figura 5.17, se hace un acercamiento y se muestra que se tiene una notificación de seco en el display del microcontrolador, posteriormente por el

puerto de comunicación UART manda mensaje de texto al teléfono celular, informando que el jardín se encuentra seco.



Figura 5.16. Sensor de humedad colocado en tierra seca.

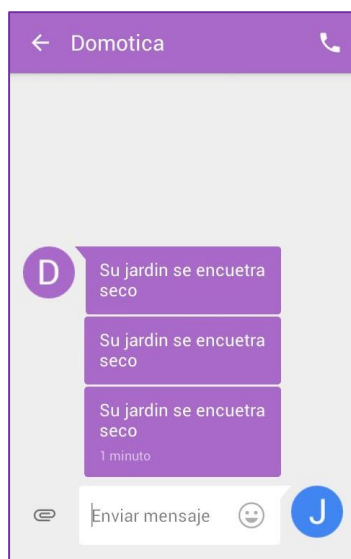


Figura 5.17. Mensaje jardín seco.

Para el nivel de la cisterna al tener una señal en el microcontrolador, de que la cisterna se encuentra en un nivel bajo de agua, inmediatamente se envía la señal por el puerto de comunicación UART al módulo de GSM y de ahí al dispositivo móvil, es decir, se le comunica al usuario que la cisterna se encuentra vacía.

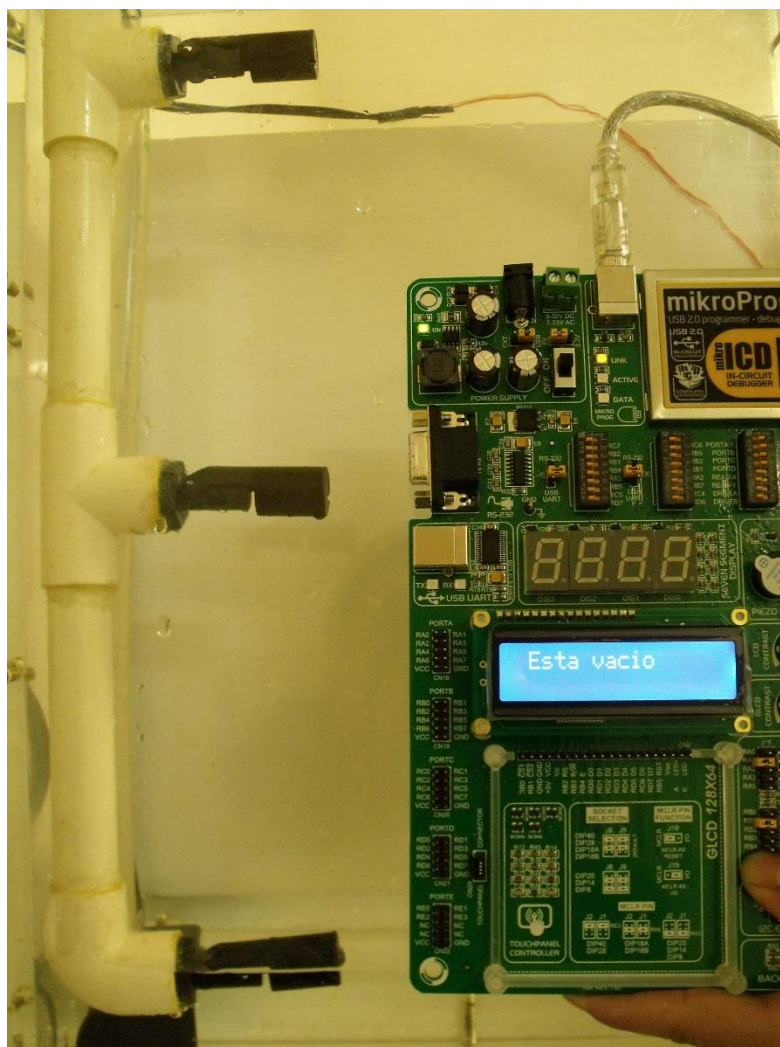


Figura 5.18. Mensaje de texto cisterna vacía.

Como se muestra en la figura 5.18, el microcontrolador verifica el estado de los sensores de nivel, en este caso la cisterna se encuentra vacía y el display arroja la leyenda “está vacío”, en la figura 5.19, se observa el nivel de agua vacío y se envía un mensaje de texto al usuario notificando el estado de la cisterna.

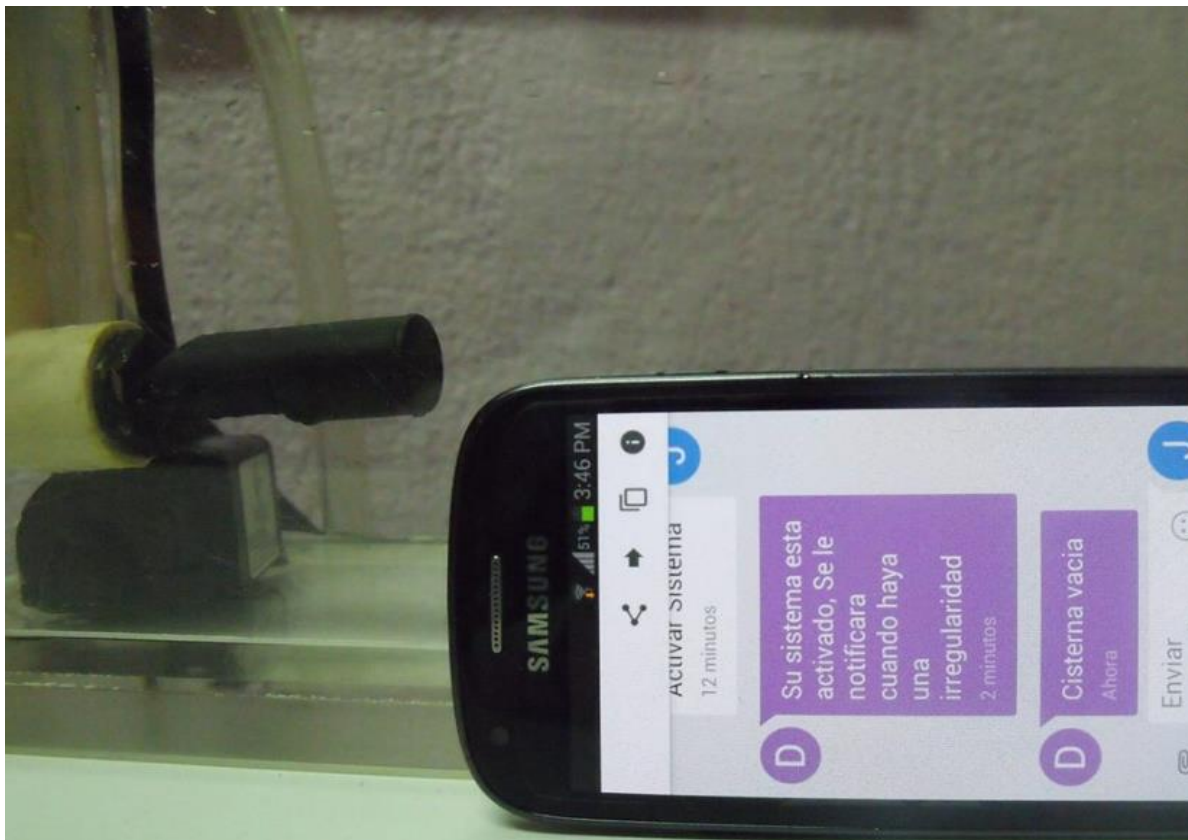


Figura 5.19. Mensaje de cisterna vacía.

Para la seguridad en la casa los sensores de presencia estarán monitoreando, el sensor detectará la presencia humana con la ayuda del microcontrolador, el microcontrolador mandará una señal al módulo GSM, esta señal será enviada por el puerto de comunicación UART, con un lenguaje de comandos AT, posteriormente se enviará un mensaje de alerta al móvil. En la figura 5.20 se muestra cuando el sensor PIR detecta la presencia de una persona, y se envía un mensaje de texto al teléfono móvil del usuario alertando la presencia de un intruso.

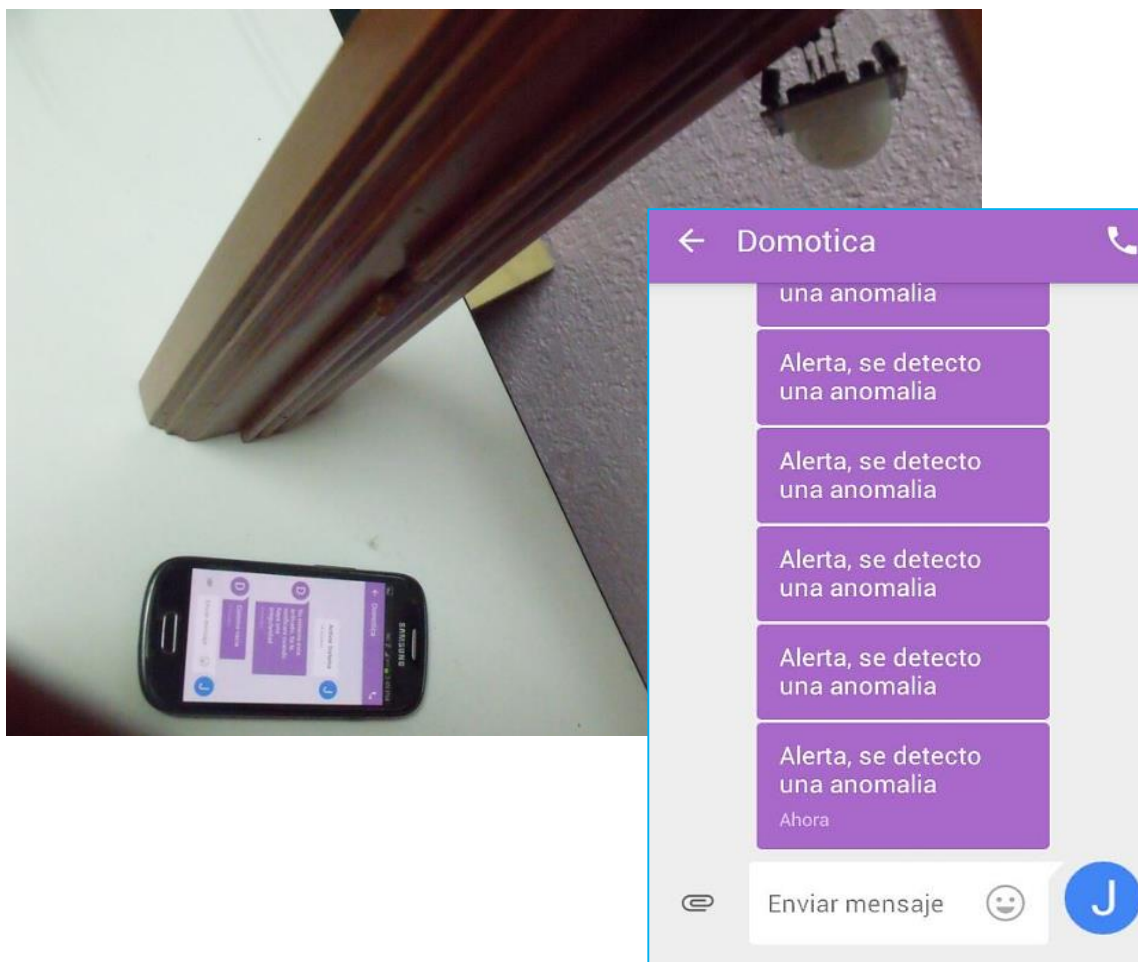


Figura 5.20. Mensajes de texto sensor detectando presencia.

5.6. Manual del usuario.

Este manual tiene la finalidad de dar a conocer el manejo para el funcionamiento del sistema, con el fin de que el usuario interactúe de manera correcta con el sistema.

Este sistema facilita el manejo de tareas de la casa, además de que nos brinda seguridad, y nos pone en sobre aviso cuando algo mal se encuentra en la casa.

1. Verificar que el sistema esté conectado a una fuente de alimentación. Además, que el módulo SIM900 esté encendido, en la figura 5.21. se muestra el indicador de LED, éste indica si el módulo se encuentra encendido.

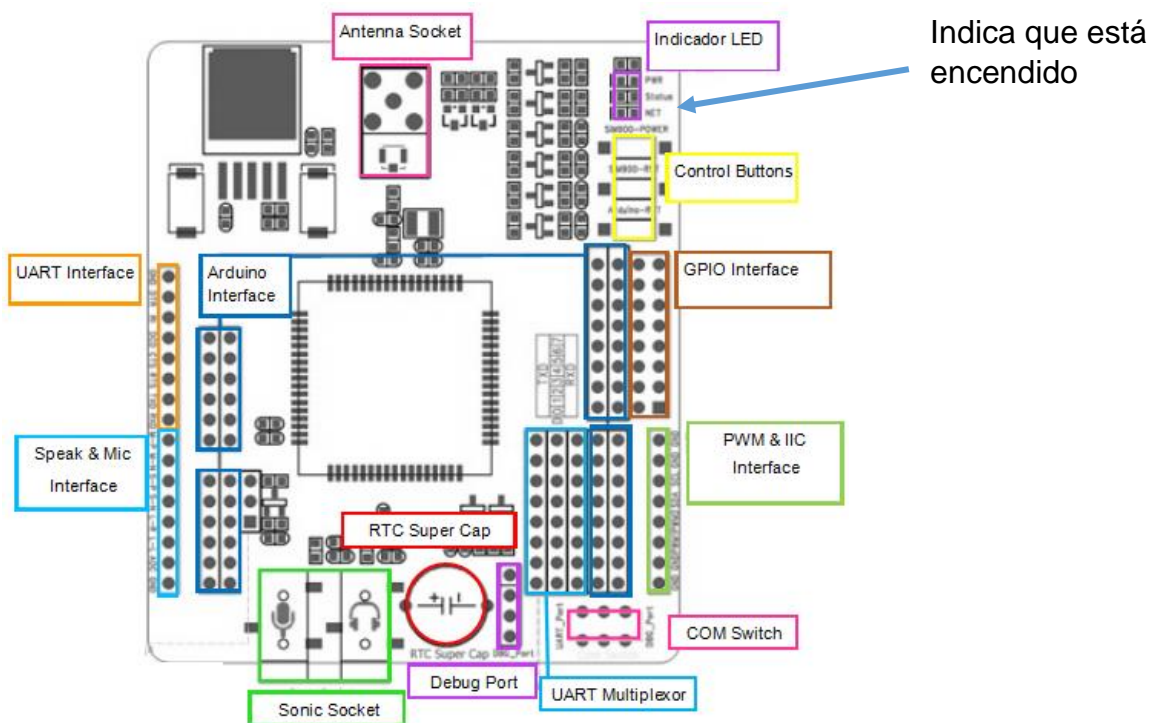


Figura 5.21. Indicador LED

- 2. Para poder activar el sistema es necesario el envío de un SMS con el mensaje que muestra la figura 5.22.

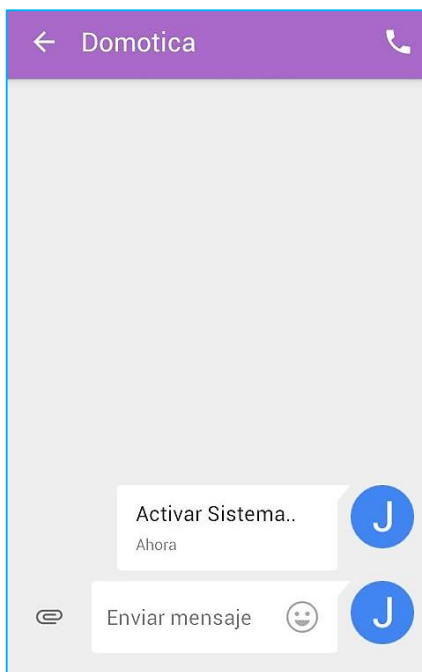


Figura 5.22. Mensajes de texto para activar sistema.

3. Para verificar si el sistema está activado, éste reenviara un mensaje al usuario figura 5.23.

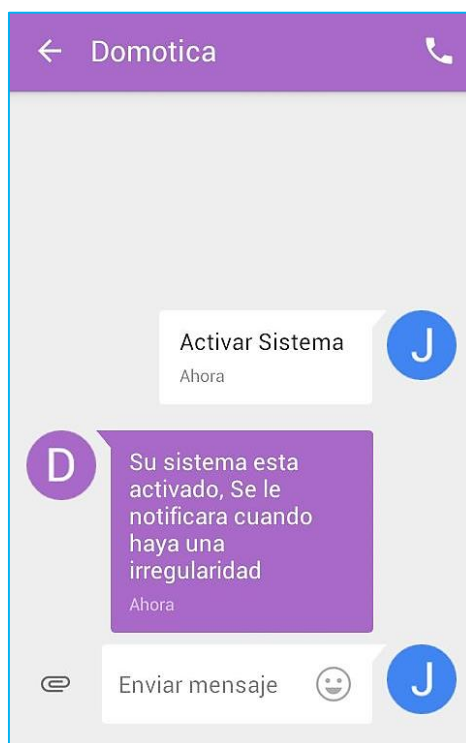


Figura 5.23. Mensajes de texto sensor detectando presencia.

NOTA: Se recomienda enviar el mensaje a la 8:00 am, ya que se necesita verificar el estado del jardín, y qué mejor de empezar que verificarlo en la mañana.

4. Una vez que el sistema esté activo, el sistema mandará mensajes cuando haya alguna irregularidad en el sistema.

Para reiniciar el sistema, en caso del que el sistema se haya desconfigurado, es necesario realizar lo siguiente:

5. Necesita dejar presionado el botón POWER hasta que el LED PWR parpadee figura 5.24.



Figura 5.24. Botón PWR para reiniciar sistema.

6. Posteriormente se realizan los pasos antes mencionados (1, 2 Y 3).
7. Se recomienda no resetearlo continuamente ya que puede perjudicar el funcionamiento del sistema.
8. El sistema no funciona si no hay corriente eléctrica en la casa.
9. No se pueden estar tocando los dispositivos ya que se pueden dañar.
10. Los sensores de movimiento en puertas y ventanas no se deben de cambiar de posición, ya que está calculada la distancia y el ángulo para poder conocer de manera certera si hay una persona ajena dentro de la casa.

5.3. Costos del sistema.

El costo es un factor primordial para cualquier persona es uno de los motivos por el cual la gente decide adquirir un producto o un servicio, claro también depende de otros factores tales como, la calidad, tiempos de respuesta en este caso y el buen funcionamiento.

Concepto	Descripción	Costo
Monitoreo del área verde	Un sensor por cada 9 m ² de jardín.	\$1,300
Seguridad Puerta	3 sensores por puerta	\$1,200
Seguridad Ventana	2 sensores por ventana	\$800
Iluminación	Un control por lámpara	\$300
Cisterna	Nivel de agua	\$1,500
Instalación		\$20,000
Mantenimiento preventivo	c/ 6 meses	\$1,500

Tabla 5.2. Costos.

En la tabla 5.2 se muestran los dispositivos y material que se necesitó para realizar este proyecto con su respectivo costo. Es importante mencionar que, para poder realizar la instalación del sistema, primero se debe hacer un estudio de la casa, conocer el tamaño y espacio de la casa, ya que son factores importantes para la selección y colocación de los sensores, y dependiendo de esto será el número de sensores a utilizar. Se debe tomar en cuenta que este trabajo se diseñó para una casa de descanso

Conclusiones



Conclusiones y trabajo a futuro

La domótica hoy en día es un término desconocido para la mayoría de las personas, por lo que el mercado que ésta abarca es muy pequeño. Esta tecnología es un conjunto de sistemas que automatizan diferentes instalaciones en una vivienda y el principal objetivo es la mejora de la calidad de vida incrementando la comodidad de los inquilinos, sin embargo, últimamente se está imponiendo como una tendencia en el mundo de la ecología por el ahorro energético, ya que se aprovechan mejor los recursos naturales, reduciendo facturas energéticas mientras se gana confort y seguridad. Es importante recalcar que para que una casa sea considerada domotizada debe cumplir los cuatro pilares: seguridad, comunicación, ahorro energético y confort, ya que si alguno de ellos falta, no se considera como tal. Y es que la domótica se puede implementar en distintos ámbitos del hogar. Desde los típicos controladores de calefacción hasta sistemas de gestión del agua, iluminación, seguridad, gas o incluso sistemas automáticos de persianas. Para ello, estos sistemas incluyen elementos de hardware y software con el fin de construirlo de acuerdo a diversos aspectos, dependiendo las necesidades puntuales de los usuarios que van a utilizar el sistema. Lo cierto es que la domótica posee grandes ventajas, ya que al tratarse de un conjunto de tecnologías aplicadas al control y a la automatización inteligente, permite un real ahorro energético, mejorar el acceso a elementos por parte de personas (con discapacidades). Esos son algunas de las funcionalidades que nos puede brindar la domótica, que sin lugar a dudas nos puede proporcionar un mejor y cómodo estilo de vida, lo cierto es que ya existen en el mundo casas inteligentes que utilizan la domótica para ello, pero el costo es aun alto para el consumidor común. De hecho la domótica no hay que observarla como un gasto extra a la hora de la instalación, sino como una inversión a futuro.

Los sensores son un elemento fundamental para este tipo de proyectos, ya que son dispositivo que tiene la capacidad de analizar una característica concreta en el ambiente de la vivienda para ejecutar acciones específicas. Existe una gran variedad de sensores utilizados para los sistemas de domótica, pero en nuestro caso se decidió monitorear y mantener las condiciones mínimas (iluminación, nivel de agua de la cisterna, la humedad en el jardín y seguridad del hogar) para analizar estos parámetros, se hizo la investigación y documentación sobre sensores de humedad, nivel y proximidad con el fin de conocer su funcionamiento y seleccionar el mejor. Con respecto a los sensores de proximidad existe una clasificación de ellos, tales como inductivo (hacen uso de propiedades magnéticas), capacitivos (que funcionan con la generación de campos electrostáticos), ultrasónicos (trabajan con ondas sónicas inaudibles) y los ópticos (utilizan fotocélulas). Para los sensores de humedad, existe una clasificación de ellos los cuales son: de bulbos (funciona a través de un termómetro y evaporización del agua), condensación (por medio de vaporización de agua), higroscópicas (a través de los cambios que sufren los materiales con la humedad), electrolíticos (descomposición de una sustancia al paso de la corriente eléctrica) y capacitivos (a través del cambio de capacitancia del capacitor). Y finalmente los sensores de nivel, que a su vez se clasifican de tipo flotador (consiste en el empleo de un flotador), ultrasónicos (por ondas de sonido) y capacitivos (a través de la variación del dieléctrico).

Otro elemento esencial para el presente proyecto fue GSM, es una tecnología útil para cumplir con el pilar de comunicación, esta tecnología es un estándar de comunicación mundial de telefonía móvil de segunda generación (2G). Es un estándar digital europeo que soporta voz, datos, mensajes de texto y roaming, y al ser un estándar usado

mundialmente, permite su uso en cualquier lugar con cobertura, incluso en ámbitos internacionales. GSM nació ante la necesidad de mejorar la sencillez y disminuir las limitaciones que tenía la tecnología de primera generación 1G, la cual solo permitía la transmisión de voz. A pesar que GSM se desarrolló en Europa, se extendió rápidamente en el resto del mundo, actualmente es el sistema básico para todas las comunicaciones móviles y aun es usado, pero debido a sus limitaciones técnicas está siendo reemplazada en países avanzados por 3G y 4G. Sin embargo, estas nuevas generaciones no han sustituido del todo la red GSM, sino que conviven con ella. La mayor parte de los operadores y móviles permiten el uso dual de estas redes, de modo que si no hay cobertura 3G o 4G, se puede usar la 2G sin ningún problema. Esto se debe a que la infraestructura 3G y 4G se ha realizado a partir de 2G. Realmente GSM dio un cambio radical y definitivo para las comunicaciones móviles en el mundo. Una ventaja de este estándar es que su uso es generalizado en todo el mundo, en cuanto a teléfonos, existen distintos celulares que soportan este estándar, y la elección de uno de estos depende del gusto y necesidades de cada usuario. Actualmente los teléfonos soportan diversas bandas para hacer accesible el roaming (el roaming es la capacidad para moverse de una zona de cobertura con otra).

Para la selección de los sensores primero se revisaron los parámetros a sensar, después se realizó una búsqueda en el mercado y para adquirirlos nos basamos en costo y el tiempo que tardaban en llegar, se hizo la compra en línea y se realizó el pedido a China. Posteriormente para la búsqueda de documentación de los dispositivos con matrículas específicas tuvimos dificultades, ya que en el mercado existen vendedores que no proporcionan información de sus características técnicas. Se cometió el error de primero

buscar los sensores en el mercado y adquirirlos y al momento de recabar información técnica fue difícil encontrarla. En sí, los vendedores no proporcionan hojas de especificaciones y la información que se obtuvo fue de blogs o grupos en donde los integrantes publicaban sus experiencias. Deducimos que la información si existe, pero como los fabricantes son de China, es muy probable que exista en el idioma Mandarín.

En la integración del sistema, para la configuración de módulo GSM sim900, el tiempo fue aproximadamente de 1 mes, una vez configurado se integró con los sensores y el tiempo aproximado de pruebas fue de dos meses, esto con el objetivo de verificar que realmente se estuviera haciendo lo que se deseaba, al principio, al día se realizaban 15 pruebas de las cuales fallaban 5, y por lo tanto se tenía que volver a verificar cada parte del sistema para asegurarnos del correcto funcionamiento y conexión, actualmente podemos asegurar que el sistema es confiable ya que de 20 pruebas que realizábamos todas fueron satisfactorias.

En la actualidad ya se implementa este tipo de trabajo, pues día a día la tecnología avanza y también las necesidades de las personas. Esta propuesta no solo puede ser aplicada en casas de descanso, es aplicable en cualquier hogar, basta con percibir las necesidades personales. También se puede mejorar de acuerdo a los avances de la electrónica y tecnología, por ejemplo en nuestro mismo proyecto agregar un sistema de riego automático, un llenado de cisterna automático y con respecto a la seguridad, tener comunicación con un módulo de vigilancia o con alguna empresa de alarmas, o agregar más parámetros como por ejemplo, la regulación del aire acondicionado, cierre automático de cerraduras, la detección de fugas de gas o detección de incendios dentro o fuera de la vivienda. O parámetros que solo dan confort y podrían ser, el encendido

automático de una cafetera o subir y bajar persianas automáticamente cuando sea necesario. Con respecto a la comunicación, se podría mejorar el intercambio de comunicación entre usuario y la casa, por ejemplo a través de una llamada telefónica o de una aplicación móvil

Siglas y acrónimos



Siglas y acrónimos.

PIN	<i>Personal Identification Number</i>
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>
TS	<i>Time Slot</i>
ARFCN	<i>Absolute Radio-Frequency Channel Number</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
OMC	<i>Operation and Maintenance Center</i>
SMSC	<i>SMS Center</i>
EIR	<i>Equipment Identify Register</i>
AuC	<i>Authentication Center</i>
NMS	<i>Network Management Subsystem</i>
NSS	<i>Network Switching Subsystem</i>
BSS	<i>Base Station Subsystem</i>
HLR	<i>Home Location Register</i>
VLR	<i>Visited Location Register</i>
EIR	<i>Equipment Identify Register</i>
AUC	<i>Authentication Center</i>
OMC	<i>Base Transceiver Station</i>
BSC	<i>Base Station Controller</i>
MSC	<i>Mobile Switching</i>
GMSC	<i>Gateway MSC</i>
ISC	<i>International Switching Center</i>
MS	<i>Mobile Station</i>
SIM	<i>Subscriber Identify Module</i>

UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
EDGE	<i>Enhanced Data Rates for GSM Evolution</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
CEPT	<i>Conference Europeenne des Administrations des postes et des Telecommunications</i>
GSM	<i>Sistema Global para las Comunicaciones Móviles</i>
MS	<i>Mobile Station</i>
ME	<i>Mobile Equipment</i>
INEGI	<i>Instituto Nacional de Estadística y Geografía</i>
PIR	<i>Sensor Infrarrojo Pasivo</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
GLCD	<i>Graphic Liquid Crystal Display</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
TTL	<i>Transistor-Transistor Logic</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
TX	<i>Transmisor</i>
RX	<i>Receptor</i>
DCE	<i>Data Communication Equipment</i>

Referencias



Referencias.

- [1] R. A. Española, «Diccionario de la lengua española,» 2017. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>. [Último acceso: 2017].
- [2] «Domoprac. Domótica práctica paso a paso,» 14 Septiembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.domoprac.com/domoteca/domoteca/conceptos-basicos/historia-de-la-domotica-pasado-presente-y-futuro.html>. [Último acceso: 2017].
- [3] Coromo, N., Villalobos, R., «Revista Espacios,» 2 Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://www.revistaespacios.com/a10v31n01/10310131.html>. [Último acceso: 2017].
- [4] L. Molina, Instalaciones Domóticas, España: Mc Graw-Hill, 2010.
- [5] Quinteiro, J. M., Lamas, J., Sandoval, J. D., Sistemas de control para viviendas y edificios: Domótica., Madrid: S.A. Ediciones Paraninfo., 1999.
- [6] U. P. d. Madrid, Domótica: Un enfoque sociotécnico., Madrid: E.T.S.I. de Telecomunicaciones. , 2010.
- [7] W. Harke, Domótica para viviendas y edificios, Barcelona: Marcombo, 2010.
- [8] Romero, C., Vazquez, F., De Castro, C., Domótica e inmótica: Viviendas y Edificios inteligentes, España: Alfaomega, 2006.
- [9] Junestrand, S., Passaret, X., Vázquez, D., Domótica y hogar digital, España: Paraninfo, 2004.
- [10] «Asociación Española de Domótica e Inmótica,» 17 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.cedom.es/es>.
- [11] «Electronilab ingeniería y diseños electrónicos,» [En línea]. Available: <http://electronilab.co/wp-content/uploads/2013/12/HC-SR501.pdf>. [Último acceso: 2017].
- [12] «Grupotecmared,» [En línea]. Available: <http://www.casadomo.com/>. [Último acceso: 2017].
- [13] «Domo Desck,» [En línea]. Available: <http://www.domodesk.com/>. [Último acceso: 2017].
- [14] «Domoticaviva,» [En línea]. Available: www.domoticaviva.mx/. [Último acceso: 2017].
- [15] «IECOR,» 2007-2016. [En línea]. Available: <https://www.iecor.com/estandares-internacionales-de-domotica/>. [Último acceso: 2017].
- [16] Domótica. Calidad de vivienda - Calidad de vida, Barcelona: Edicions Institut Cerda, 1992.

- [17] S. Colado, Smart City. Hacia la gestión inteligente, Barcelona: Alfaomega, 2014.
- [18] R. A. Española, «Diccionario de la lengua española,» 2017. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?w=diccionario..> [Último acceso: 2017].
- [19] M. Jouaneh, «Sensores,» de *Fundamentos de Mecatrónica*, México, Cengage Learning, 2016.
- [20] T. Bartelt, Industrial control Electronics, U.S.A: Thomson publishing Inc., 1997.
- [21] M. Slurzber y W. Osterhelo, Fundamentos de electricidad y electrónica, México: Mc-Graw Hill, 1990.
- [22] A. Creus, Instrumentación industrial, México: Alfaomega, 2010.
- [23] R. Bateson, Introduction to control system technology, New Jersey: Prentence Hall, 1996.
- [24] A. Barrientos, Fundamentos de robótica, España: Mc-Graw Hill, 2007.
- [25] I. Sinclair, Sensors and Transducers, Oxford: Planta Tree, 2000.
- [26] A. Barrientos, L. Peñin y J. Carrera, Automatización de la fabricación. Transductores y Actuadores, Madrid: ETSII, 1995.
- [27] C. Silva, Control Sensors and Actuators, Madrid: Prentice Hall, 1989.
- [28] L. Corona, G. Abarca y J. Mares, Sensores y Actuadores, México: Patria.
- [29] D. Roldan, Comunicaciones Inalambricas. Un enfoque aplicado, Madrid: Ra-Ma editorial, 2004.
- [30] J. Huidobro, Comunicaciones Móviles: Sistemas GSM, UMTS y LTE., Madrid: Ra-Ma editorial, 2012.
- [31] T. Rappaport, Wireless Communications. Principles and Practice, New Jersey: Prentice-Hall, 2002.
- [32] M. Sauter, From GSM to LTE: Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband, Reino Unido: Wiley, 2010.
- [33] «MikroElektronika,» [En línea]. Available: <https://www.mikroe.com/easypic>. [Último acceso: 2017].
- [34] Arduino, «Arduino Forum,» [En línea]. Available: <https://forum.arduino.cc>. [Último acceso: 2017].
- [35] «Random Nerd Tutorials,» [En línea]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/sim900-gsm-gprs-shield-arduino/>. [Último acceso: 2017].
- [36] «Circuits Today,» 2015. [En línea]. Available: www.circuitstoday.com/interface-gsm-module-with-arduino. [Último acceso: 2017].

- [37] «SIMCom,» 2015. [En línea]. Available: simcomm2m.com/En/module/detail.aspx?id=71.
- [38] «Punto Flotante S.A,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.puntofotante.net/PRUEBAS-INICIALES-MODEM-GSM-SIM900.pdf>. [Último acceso: 2017].
- [39] «LankaTronics,» [En línea]. Available: <https://www.lankatronics.com/modules-sensors/gsm.html>. [Último acceso: 2017].
- [40] «TuElectronica.es,» 30 abril 2017. [En línea]. Available: <https://tuelectronica.es/como-detectar-movimiento-con-arduino-y-sensor-pir/>. [Último acceso: 2017].
- [41] «Panama Hitek,» 9 abril 2014. [En línea]. Available: panamahitek.com/modulo-hl-69-un-sensor-de-humedad-de-suelox. [Último acceso: 2017].
- [42] «CursoArduino,» 19 octubre 2016. [En línea]. Available: cursoarduino.proserquia.com/2016/10/19tutorial-31-sensor-de-humedad-del-sensor-del-suelo. [Último acceso: 2017].
- [43] «Electronicos Caldas,» [En línea]. Available: www.electronicoscaldas.com. [Último acceso: 2017].
- [44] «WIKA Meéxico,» [En línea]. Available: <https://www.wika.com.mx>. [Último acceso: 2017].
- [45] «Geek Factory,» [En línea]. Available: <https://www.geekfactory.mx/home/sensores/sensordehumedadensuelo>. [Último acceso: 2017].
- [46] «Omega Engineering,» [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>. [Último acceso: 2017].
- [47] «Electronilab,» 9 marzo 2017. [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/sensor-horizontal-de-nivel-de-agua>. [Último acceso: 2017].