



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE LA TARJETA DE CONTROL DE UN
SISTEMA DOMÓTICO CON TECNOLOGÍA DE *HARDWARE* LIBRE Y
SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO.”**

AUTORA:

Cuesta Morán, Karla Stephanye

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
Magister en Telecomunicaciones**

TUTOR:

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 27 días del mes de Octubre del año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Cuesta Morán, Karla Stephanye como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magíster en Telecomunicaciones.

TUTOR

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 27 días del mes de Octubre del año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, Cuesta Morán, Karla Stephanye

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación “**Propuesta de diseño de la tarjeta de control de un sistema domótico con tecnología de *hardware* libre y *software* de código abierto.**”, previa a la obtención del Título de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 27 días del mes de Octubre del año 2017

LA AUTORA

Cuesta Morán, Karla Stephanye



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

YO, Cuesta Morán, Karla Stephanye

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación**, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Propuesta de diseño de la tarjeta de control de un sistema domótico con tecnología de *hardware* libre y *software* de código abierto**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 27 días del mes de Octubre del año 2017

LA AUTORA

Cuesta Morán, Karla Stephanye

Dedicatoria

A mi familia en construcción, no conozco sus rostros ni sé que nombres tendrán pero son la inspiración para continuar en cada proyecto que Dios me ponga. Todo el esfuerzo por lograr objetivos de superación personal y profesional es para mostrarles con ejemplo que no importa cuántas adversidades se tenga, o que tan difícil sea el camino, siempre hay que dar lo mejor de uno mismo y ser consciente de la realidad de la sociedad en la que vivimos. Sepan que siempre todo esfuerzo y sacrificio tiene su recompensa, hay que arriesgarse y vencer miedos. Y sin olvidar a quienes estuvieron en cada momento así sea con el más simple o sencillo detalle. Transmito la frase que mi padre me decía siempre “cuando más creas saber, más debes aprender “.

Agradecimientos

En primer lugar a Dios, por darme la paciencia y la sabiduría de aceptar su voluntad y seguir su camino. A mi amada familia: a mis padres, mis hermanos, primas, tios, muchas gracias por su apoyo paciencia y amor en esta etapa de mi vida. A mi esposo , por ser incondicional , apoyando siempre cada decisión y haciéndola parte de nuestras vidas. A todos quienes formaron parte de este proceso. Y a quienes tuvieron que partir al encuentro con Dios y no alcanzaron a ver este logro, sé que desde el cielo me sonríen y están orgullosos.

Muchas gracias a los docentes por impartir sus conocimientos y experiencias, a los compañeros de aula por hacer menos duras las horas de estudio. Y por último y no menos importante un gracias de corazón a mi tutor Msc. Manuel Romero por todo el apoyo, por todas sus enseñanzas y consejos. Es un maestro y ser humano de calidad. Gracias por tanto, que Dios lo bendiga siempre.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz
TUTOR

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz
DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____

MSc. Orlando Philco Asqui
REVISOR

f. _____

MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar
REVISOR

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la implementación de una tarjeta de control para sistemas domóticos basada en las bondades de *hardware* libre y *software* de código abierto que brinda la plataforma Arduino Mega 2560 como elemento principal de la unidad de control. La propuesta logra un diseño electrónico modular, versátil y con costos por debajo de las tarjetas propietarias análogas existentes en el mercado. Se caracterizan las funcionalidades que presenta referidas a la climatización, iluminación, confort y seguridad. Se detallan además la estructura de cada uno de los subsistemas que lo componen, las características de operación de los componentes que se utilizan, los criterios de selección de estos últimos, así como los diagramas de flujo utilizados en la programación de las diversas funcionalidades. Finalmente se expone el diseño y la caracterización de la aplicación para *Smartphone* que permite controlar el sistema domótico a distancia y se describe la implementación. Metodológicamente, este trabajo es exploratorio, descriptivo, su paradigma es empírico-analítico, con un enfoque cuantitativo porque se utilizan cálculos matemáticos para el diseño electrónico de los diferentes bloques funcionales que conforman la tarjeta que se comprueban a través de la simulación, y finalmente el diseño es experimental, debido a que se alteran las variables de estudio, para finalmente proceder con el análisis respectivo.

Palabras clave: domótica, Arduino, sensor, actuador, detector, control.

ABSTRACT

This paper describes the design and implementation of a control card for a home automation system based on the advantages of free hardware and open source software provided by the Arduino Mega 2560 as the main element of the control unit. The proposal achieves a modular electronic design, versatile and with costs below the proprietary analog systems existing in the market. Features are characterized by the air conditioning, lighting, comfort and safety of the selected location. It also details the structure of each of the subsystems that comprise it, the operating characteristics of the components used in each one, its selection criteria as well as the flow diagrams used in the programming of the various functionalities. Finally, the design and characterization of the application for Smartphone that allows control of the home automation system at a distance is exposed. Methodologically, this work is exploratory, descriptive, its paradigm is empirical-analytical, with a quantitative approach because mathematical calculations are used for the electronic design of the different functional blocks that make up the card that are verified through the simulation, and finally the Design is experimental, because the study variables are altered, to finally proceed with the respective analysis.

Keywords: domotics, Arduino, sensor, Actuator, detector, control.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
CAPITULO 1 Descripción del proyecto de intervención.....	18
1.1 Justificación del problema a investigar.	18
1.2 Antecedentes.....	18
1.3 Definición del problema.	19
1.4 Objetivos.....	19
1.4.1 Objetivo General.	19
1.4.2 Objetivos específicos.	20
1.5 Hipótesis.	20
1.6 Metodología de investigación.....	20
CAPITULO 2 Fundamentación teórica.	22
2.1 Definición y desarrollo de la domótica.	22
2.2 Áreas de aplicación de la domótica.	25
2.3 Elementos básicos de un sistema domótico.....	27
2.3.1 Sensores.....	28
2.3.2 Actuadores.....	35
2.3.3 Nodo o sistema de control.....	35
2.4 Arquitectura de las instalaciones	36
2.4.1 Sistemas centralizados.	37
2.4.2 Sistemas descentralizados	38
2.4.3 Sistemas distribuidos.....	39
2.5 Medios de transmisión.....	41
2.6 Los sistemas domóticos de hoy día	43
2.7 Normas y regulaciones sobre domótica.....	44
CAPITULO 3 Descripción de la implementación.	45
3.1 Metodología de diseño	45
3.2 Prestaciones a implementar en el sistema domótico.	46
3.3 Propuesta de diseño del <i>hardware</i>	47
3.4 Sistema de control	48
3.4.1 ¿Qué es Arduino y por qué utilizarlo?	49

3.4.2	Arduino Mega 2560.	50
3.4.3	Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560.....	51
3.4.4	Especificaciones de los terminales del Arduino Mega 2560	52
3.5	Subsistema para el control de la climatización.....	53
3.5.1	LM35.....	54
3.5.2	Reloj de tiempo real DS1307	59
3.5.3	Actuadores.....	61
3.6	Subsistema para el control de la iluminación	63
3.6.1	Detector PIR HC-SR501	64
3.6.2	Resistencia dependiente de luz GL5528	68
3.6.3	Dimmer	70
3.7	Subsistema de confortabilidad.....	73
3.7.1	Control automático de cortinas	74
3.7.2	Control del nivel de agua en un depósito	76
3.8	Subsistema de seguridad.....	79
3.9	Interfaz de usuario	80
3.9.1	Visualizador LCD y teclado (Variante 1)	81
3.9.2	Acceso mediante el módulo WiFi ESP8266 (Variante 2).....	85
3.9.3	Módulo ESP8266 modelo ESP-01	85
3.10	Aplicación para <i>Smartphone</i> con sistema operativo Android	88
3.10.1	Descripción general de la APK	89
3.11	Algoritmos de operación de la tarjeta.....	89
3.12	Atención a interrupciones.....	90
3.13	Protocolo de comunicación ESP8266-Arduino.....	91
3.14	Simulaciones.....	93
3.14.1	Menús y submenús de la interfaz de usuario	94
CAPITULO 4 .Implementación de la tarjeta de control		95
4.1	Implementación electrónica.....	95
4.1.1	Tarjeta escudo para Arduino	95
4.1.2	Tarjeta de activación de actuadores	96
4.1.3	Tarjeta interfaz de sensores con el Arduino.....	97
4.1.4	Visualizador	99

4.1.5	Adaptador para ESP8266	100
4.2	Manual de Usuario	101
4.2.1	Configuración a través del LCD	101
4.2.2	Configuración mediante la aplicación para <i>Smartphone</i>	104
4.3	Requerimientos para el uso de la tarjeta.....	107
4.4	Valoración económica	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		111
GLOSARIO DE TÉRMINOS		114
ANEXOS.....		116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.Sistema Domótico utilizando X-10.	23
Figura 2.3. Áreas de aplicación de la domótica.	25
Figura 2.4.Estructura de un sensor PIR.....	30
Figura 2.5.Sensor PIR	30
Figura 2.6.Funcionamiento de un sensor ultrasónico y su área de cobertura.	31
Figura 2.7.Detector Dual.....	32
Figura 2.8.Resistencia dependiente de luz (LDR).	33
Figura 2.9.Sensor magnético.....	34
Figura 2.10.Distintos tipos de actuadores.	35
Figura 2.11.Nodos en la instalación domótica.	36
Figura 2.12.Arquitectura de los sistemas centralizados.	37
Figura 2.13.Arquitectura descentralizada.	38
Figura 2.14.Arquitectura de sistemas distribuidos.....	40
Figura 2.15.Medios de transmisión.....	41
Figura 2.16.Normas y regulaciones de domótica.....	44
Figura 3.1.Diagrama en bloques general de la tarjeta de control propuesta para sistema domótico.....	48
Figura 3.2.Arduino Mega 2560.....	51
Figura 3.3.Diagrama del subsistema de climatización.....	54
Figura 3.4.Acondicionador de señal con LM35.....	57
Figura 3.5.Precisión en función de la temperatura del LM35.....	58
Figura 3.6.Reloj de tiempo real DS1307: (a) terminales en encapsulado mini-SO8 (b) vista inferior del módulo, (c) vista superior.	59
Figura 3.7.Esquema de circuito del módulo TinyRTC.....	60
Figura 3.8.Esquema del circuito actuador.....	61
Figura 3.9.Diagrama del subsistema de iluminación.....	64
Figura 3.10.Sensor PIR HC-SR501.	65
Figura 3.11.Potenciómetros para variar parámetros del sensor.....	66
Figura 3.12.Circuito para adaptar el voltaje de salida del sensor PIR.	67

Figura 3.13.Característica Resistencia- Iluminación de la LDR GL5528.	68
Figura 3.14.Resistencia dependiente de luz.	69
Figura 3.15.Detector de cruce por cero.	71
Figura 3.16.Etapa para el control del foco luminoso	72
Figura 3.17.Diagrama del subsistema de confortabilidad.	73
Figura 3.18.Motor paso a paso y driver para su control.....	75
Figura 3.19.Sensor ultrasónico HC-SR04.	77
Figura 3.20.Carta de tiempo del sensor HC-SR04.	78
Figura 3.21.Electroválvula.	78
Figura 3.22.Diagrama del subsistema de seguridad.	79
Figura 3.23.Sensor magnético.	79
Figura 3.24.Circuito para la detección de puertas y ventanas abiertas.	80
Figura 3.25.Diagrama de la variante 1 de interfaz de usuario.	81
Figura 3.26.a) LCD 20x4 Hitachi HD44780, b) controlador I2C.	82
Figura 3.27.Interconexión entre el LCD y el controlador I2C.	83
Figura 3.28.Configuración para eliminar el efecto rebote por hardware.	84
Figura 3.29.Circuitos para la alimentación de los componentes.....	85
Figura 3.30. Descripción de terminales del ESP-01.	86
Figura 3.31.Adaptador serie FTDI232.	87
Figura 3.32.Conexiones entre el adaptador FTDI y el ESP8266.	87
Figura 3.33.Algoritmo general del firmware del Arduino Mega 2560.	90
Figura 3.34.Señales del dimmer.....	93
Figura 3.35.a) Pantalla Principal, b)Menú configuraciones, c) Submenú Climatización, d) Submenú Luminarias y e) Submenú Seguridad.	94
Figura 4.1.Circuito impreso de la tarjeta escudo.....	95
Figura 4.2.Tarjeta escudo: a) acoplado al Arduino, b) parte inferior sin ningún elemento soldado.....	96
Figura 4.3.Tarjeta de activación de actuadores.....	97
Figura 4.4.Circuito impreso de tarjeta de activación de actuadores.	97
Figura 4.5.Tarjeta interfaz de sensores con el Arduino.	98
Figura 4.6.Circuito impreso de tarjeta interfaz de sensores con el Arduino.	98
Figura 4.7.Tarjeta para sensores PIR HC-SR501.....	99

Figura 4.8.Circuito impresos de tarjeta para sensores PIR HC-SR501.....	99
Figura 4.9.Tarjeta del visualizador: a) vista superior y b) vista inferior.....	100
Figura 4.10.Circuito impreso del visualizador.....	100
Figura 4.11.Circuito impreso para ESP8266.....	101
Figura 4.12.Montaje del circuito para ESP8266: a)Vista superior y b)vista inferior	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.Niveles de iluminación en algunas habitaciones.....	33
Tabla 3.1.Especificaciones técnicas del ATmega 2560.....	51
Tabla 3.10.Protocolo de comunicación ESP8266-Arduino	90
Tabla 3.11.Bibliotecas empleadas y su correspondiente función	91
Tabla 3.2.Descripción de terminales del Arduino Mega 2560 para comunicación.	52
Tabla 3.3.Parámetros eléctricos del DS1307	59
Tabla 3.4.Especificidades técnicas del HC-SR501	64
Tabla 3.5.Especificidades técnicas de la GL5528.....	68
Tabla 3.6.Secuencia de activación para accionar el motor	74
Tabla 3.7.Características técnicas del HC-SR04.....	75
Tabla 3.8.Especificidades técnicas del LCD Hitachi HD44780	80
Tabla 4.1.Valoración económica.....	105

CAPITULO 1 . Descripción del proyecto de intervención.

En el presente capítulo se justificará y delimitará el problema a investigar, se establecerán los objetivos generales y específicos, la hipótesis y la metodología de investigación.

1.1 Justificación del problema a investigar.

En la actualidad una gran cantidad de empresas se dedican a la producción de sistemas domóticos, otro gran número fabrica los componentes que estos utilizan y otros diseñan gran diversidad de protocolos para su implementación, sin embargo, el costo de adquisición e instalación de los sistemas domóticos propietarios es elevado lo que condiciona su utilización solo por determinados sectores de la sociedad. Se ha demostrado que la introducción de estos sistemas tanto en viviendas residenciales como en edificaciones industriales reportan considerables beneficios a mediano y largo plazo, tanto desde el punto de vista del ahorro energético, como del logro de un mayor confort y seguridad del recinto. Por las razones anteriormente descritas resulta necesario plantear propuestas de diseño que reduzcan los costos, permitan una automatización de forma fácil e intuitiva y brinden prestaciones similares, favoreciendo de esta forma su acceso por diversos sectores de la sociedad.

1.2 Antecedentes.

El progreso de la tecnología, y en particular de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), ha condicionado que cada día se dé un paso más allá en el control de una vivienda, un paso más hacia los edificios inteligentes, viviendas domóticas, e incluso ciudades inteligentes. La domótica es una realidad que poco a poco se va incorporando a la sociedad. Ya es común encontrar viviendas con vigilancia conectada a

los ordenadores, con sistemas de control de alarmas desde el exterior o simplemente con control de un invernadero o un simple huerto, no obstante, muchas personas no invierten en estos sistemas por considerar que su manejo es complicado debido a que requieren de un nivel avanzado de conocimientos en computación y electrónica además de ser costosos.

La introducción de la domótica en cada país ha sido diferente, en unos países ha tenido gran impacto y trascendencia y en otros es más escaso. En el caso de Ecuador se vislumbra que en un futuro cercano estos sistemas tendrán un gran auge y desarrollo por lo que investigar sobre cómo lograr resultados con bajos costos que compitan en prestaciones con los sistemas propietarios constituye una prioridad.

1.3 Definición del problema.

En nuestro país no se dispone de elementos de *hardware* tecnológicamente independientes y de programas realizados en plataformas de *software* de código abierto para el desarrollo de sistemas domóticos de bajo costo que puedan estar al alcance de diversos sectores de la sociedad.

1.4 Objetivos.

A continuación, se detalla el objetivo general y los objetivos específicos:

1.4.1 Objetivo General.

Diseñar e implementar una tarjeta electrónica genérica para sistemas domóticos basados en la plataforma Arduino Mega 2560 que además pueda ser gobernada por una aplicación desde un *Smartphone*.

1.4.2 Objetivos específicos.

- ✓ Caracterizar los sistemas domóticos.
- ✓ Describir la plataforma Arduino Mega 2560 y de otros componentes electrónicos a emplear en el diseño.
- ✓ Realizar el algoritmo de las tareas a controlar por el microcontrolador.
- ✓ Seleccionar los componentes de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.
- ✓ Realizar el diseño eléctrico de los diferentes módulos de la tarjeta.
- ✓ Validar el diseño mediante simulaciones.
- ✓ Realizar el montaje, la puesta a punto y validación mediante mediciones.
- ✓ Desarrollar una aplicación para *Smartphone*, amigable y sencilla para el usuario, que controle la aplicación por conexión WiFi.

1.5 Hipótesis.

Si se utiliza la plataforma de *hardware* libre Arduino y su programación utilizando *software* de código abierto para la implementación de una tarjeta para sistema domóticos se propiciará la reducción de los costos de diseño con relación a los sistemas propietarios con las mismas prestaciones lo que posibilitará un mayor acceso a esta tecnología y por ende una mayor introducción en la sociedad.

1.6 Metodología de investigación.

El actual trabajo investigativo previo al grado académico de Magister en Telecomunicaciones, es exploratorio y descriptivo. Se dice “**EXPLORATORIO**”, debido a que pretende explorar las características y evolución de los Sistemas domóticos mediante el Estado del Arte. Es

“**DESCRIPTIVO**”, puesto que permite analizar, diseñar y evaluar las diferentes tecnologías que se emplean en la implementación de estos sistemas con vistas a obtener los parámetros óptimos de acuerdo a los requerimientos del sistema.

Además, esta investigación es del paradigma “**EMPÍRICO-ANALÍTICO**” con un enfoque “**CUANTITATIVO**” porque se utilizan cálculos matemáticos para el diseño electrónico de los diferentes bloques funcionales que conforman la tarjeta que se comprueban a través de la simulación.

Finalmente el diseño del presente trabajo investigativo es “**EXPERIMENTAL**”, debido a que se alteran las variables de estudio, para finalmente proceder con el análisis respectivo.

CAPITULO 2 . Fundamentación teórica.

A continuación se presentará la fundamentación teórica del presente trabajo de investigación.

2.1 Definición y desarrollo de la domótica.

El término domótica proviene de la palabra del latín Domus y de la palabra griega TICA que significan casa y automática respectivamente. La AIDA (Asociación de Domótica e Inmótica Avanzada) define la domótica como: “la integración en los servicios e instalaciones residenciales de toda tecnología que permita una gestión energéticamente eficiente, remota, confortable y segura, posibilitando una comunicación entre todos ellos”. Por otra parte, la Asociación Española de la Domótica (CEDOM) la define como: “la e instalaciones domésticas que conforman una vivienda”, es decir: la domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la incorporación al equipamiento de una tecnología que permita gestionar de forma energéticamente eficiente, segura y confortable para el usuario, los distintos tipos de aparatos vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema (Machado, 2010).

El origen de la domótica se remonta a la década de los setenta, cuando tras muchas investigaciones aparecieron los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la exitosa tecnología X-10. Esta tecnología fue desarrollada en 1975 por la empresa Pico Electronics Ltd., se fundamenta en un protocolo para la comunicación entre dispositivos electrónicos destinado a la automatización de hogares. Su función básica consiste en la utilización de la red eléctrica como medio físico para la comunicación interna de los distintos componentes del sistema domótico (figura 2.1).

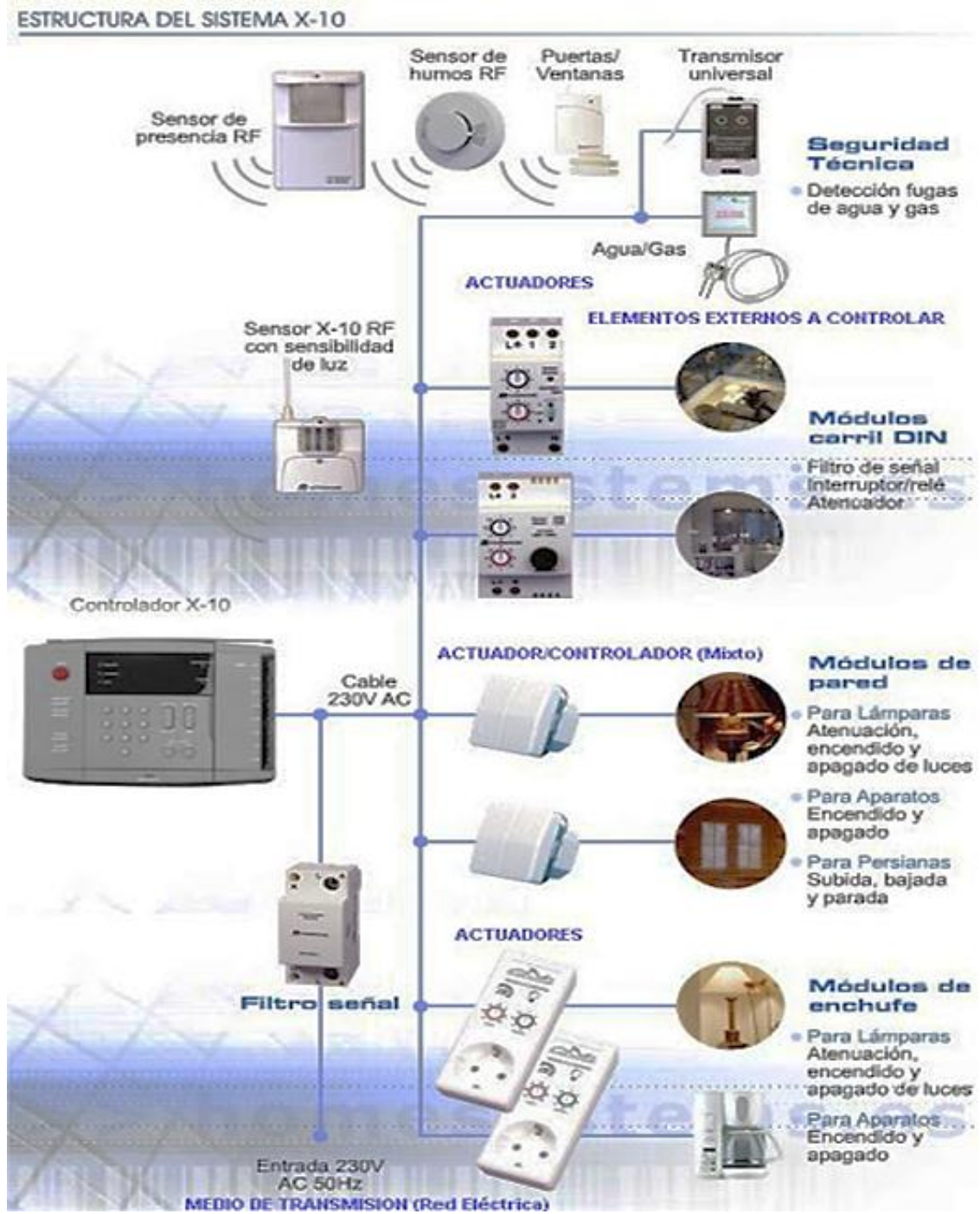


Figura 2.1. Sistema Domótico utilizando X-10.

Fuente: (Domótica Viva, 2003)

Durante los años siguientes la comunidad internacional mostró un creciente interés por la búsqueda de la casa ideal, comenzando diversos ensayos con electrodomésticos y dispositivos automáticos para el hogar. Los primeros sistemas comerciales fueron instalados en Estados Unidos de América y se limitaban a la regulación de la temperatura ambiente de los edificios de oficinas. Más tarde, tras el auge de las computadoras personales, a finales de la década de los 80 y principios de los 90, se empezaron a incorporar los sistemas de cableado estructurado (SCE) para facilitar la conexión de todo tipo de terminales y periféricos entre sí. Además de los datos, estos sistemas permitían el transporte de la voz y la conexión de algunos dispositivos de control y de seguridad, por lo que se les empezó a llamar edificios inteligentes (Tapia, 2004).

Con el posterior desarrollo de los microcontroladores, la miniaturización de componentes y el surgimiento de nuevos protocolos de comunicación incluidos los inalámbricos, se logró que los automatismos destinados a edificios de oficinas se aplicaran también a las viviendas de particulares u otro tipo de edificios, donde el número de necesidades a cubrir es mucho más amplio. La vivienda domótica surge para facilitar la vida a sus moradores, haciéndola más cómoda, segura, y con mayores posibilidades de comunicación y ahorro energético.

Un concepto estrechamente ligado a la domótica, es el de inmótica, identificado

también como “*building management system*”, el cual hace referencia a la coordinación y gestión de las instalaciones con que se equipan las edificaciones, así como a su capacidad de comunicación, regulación y control. Mientras la palabra domótica se aplica al hogar, por inmótica se entiende la incorporación de sistemas de gestión técnica automatizada a las instalaciones del sector terciario como son plantas industriales, hoteles, hospitales, aeropuertos, edificios de oficinas, parques

tecnológicos, grandes superficies, universidades, instalaciones comunitarias, etc.

La domótica representa un factor importante para mantener un entorno automatizado en los hogares. El mecanismo principal en que se basan la mayoría de los proyectos de domótica es conseguir un bajo costo en la implementación y una reducción de trabajos de instalación y configuración (Pérez V. , 2010).

2.2 Áreas de aplicación de la domótica.

La domótica puede aplicarse de múltiples formas y con una infinidad de dispositivos dentro de un hogar o edificación, como se observa en la figura 2.2. Estas aplicaciones pueden ir dirigidas hacia mejorar el confort, la gestión de la energía y la seguridad como se analizará a continuación (Airfal Internacional, 2016).



Figura 2.2. Áreas de aplicación de la domótica.
Fuente: (Airfal Internacional, 2016)

Confort: se refiere a las aplicaciones de la domótica que crean o suman comodidad al usuario por medio de la eliminación de responsabilidades humanas en tareas específicas, o la creación de ambientes más

agradables, son ejemplos específicos de aplicaciones que gestiona la domótica en el ámbito del confort las siguientes:

- ✓ Control de la calefacción.
- ✓ Control de la refrigeración.
- ✓ Control de la iluminación.
- ✓ Control de persianas y toldos.
- ✓ Sistemas de riego automático con sensores de humedad, presencia, etc.
- ✓ Control por infrarrojos de distintos automatismos de equipos electrodomésticos.
- ✓ Mando a distancia, pantalla táctil.
- ✓ Información de presencia de correo en el buzón.

Gestión de la energía: las aplicaciones dirigidas a esta área permiten utilizar tecnologías para la optimización del consumo energético, lo que puede lograrse por mecanismos tales como:

- ✓ Reducción del consumo por climatización fuera del horario de trabajo.
- ✓ Detección de fuentes de pérdidas en sistemas de climatización (por ejemplo, suspensión del funcionamiento en estancias donde se detecten ventanas abiertas).
- ✓ Reducción del consumo por climatización o iluminación en ausencia de individuos en las estancias mediante la detección automática de presencia.
- ✓ Actuación sobre automatismos de persianas para el aprovechamiento de la luz solar.

Seguridad: incluye el conjunto de tecnologías orientadas a la seguridad ante intrusos, escape de gases, incendios, etc. La seguridad que proporciona un sistema domótico es más amplia que la que puede

proporcionar cualquier otro sistema, pues integra campos de la seguridad que normalmente están controlados por sistemas distintos:

- ✓ Seguridad de los bienes: gestión del control de acceso y control de presencia, aviso a distancia de activación de alarmas, detección de intrusos, así como la simulación de presencia.
- ✓ Seguridad de las personas: especialmente destinadas a las personas ancianas, minusválidas o enfermas. Ejemplos de algunos automatismos que se pueden emplear en este sentido:
 - Alumbrado automático en zonas de riesgo por detección de presencia para evitar accidentes domésticos (escaleras, etc.).
 - Activación y Desactivación de enchufes de corriente en determinados horarios.
 - Manipulación a distancia de interruptores en zonas húmedas.
 - Emisión de avisos telefónicos a números prefijados en caso de necesidad de ayuda urgente.
 - Ante detección de escapes de gas o de agua en la vivienda, se actué para cerrar las válvulas de paso.
 - Activar alarmas en caso de incendio, averías en los accesos, en los ascensores, etc.
 - Alarmas de salud a través de pulsadores cuya activación genera un aviso a una central receptora, un familiar o un hospital para solicitar ayuda sanitaria urgente.

2.3 Elementos básicos de un sistema domótico.

Un sistema domótico necesita recibir señales desde el exterior de magnitudes físicas, procesarlas y luego responder en consecuencia a la lectura realizada. De forma genérica se puede decir que una instalación domótica está formada por los siguientes elementos:

- ✓ Sensores
- ✓ Actuadores

- ✓ Nodo o sistema de control

2.3.1 Sensores.

Los sensores o detectores son dispositivos capaces de recoger la información de distintas magnitudes físicas (temperatura ambiente, nivel de iluminación de una habitación, nivel de presión de una tubería, etc.) y convertirlas en señales eléctricas para su posterior procesamiento. Dada la heterogeneidad de las magnitudes susceptibles de ser medidas, existen sensores de características técnicas muy diferentes.

Por lo general, los sensores no se conectan a la red eléctrica, sino que incorporan baterías de larga duración, de esta manera se consigue una gran flexibilidad en su instalación.

En ocasiones, los sensores pueden comunicarse directamente con los actuadores, sin pasar por el sistema de control centralizado; en otros casos se integra en un único equipo toda la inteligencia necesaria para medir una variable física, procesarla y actuar en consecuencia. No obstante, la mayoría de las soluciones en el mercado diferencian sensores de actuadores para proporcionar una flexibilidad mayor y un precio más ajustado.

2.3.1.1 Sensores de presencia.

De acuerdo a su principio de funcionamiento, los sensores de presencia se clasifican en (Theben, 2017):

- ✓ Pasivos: Realizan su detección a partir de algún tipo de energía emitida por los objetos, o detectan los cambios de algún campo natural causado por la energía de un objeto.

- ✓ Activos: Transmiten algún tipo de energía, y detectan en su receptor algún cambio de esa energía, creado por la presencia o movimiento de un objeto.

En el mercado se encuentran varios de estos sensores con diferentes tecnologías para detectar la presencia de personas en un espacio determinado.

Tipos de sensores de presencia:

- ✓ Detectores pasivos por infrarrojos (PIR) (*Passive InfraRed*)

Son los sensores volumétricos más utilizados. Su principio de funcionamiento se basa en captar la radiación emitida, en el rango de longitudes de onda de los seres vivos y objetos que generan calor.

El elemento que detecta la radiación y se encarga de su transformación en una señal eléctrica se conoce como detector piroeléctrico (formado por un fototransistor) y es altamente sensible a la radiación emitida por el cuerpo humano, cuya longitud de onda se encuentra entre los $8\mu\text{m}$ y $12\mu\text{m}$. Lo compone además un sistema óptico que funciona como lente direccional y consiste en una cubierta semitransparente, ubicada frente al detector piroeléctrico, conocida como lente de Fresnel. Su objetivo es dirigir la radiación emitida hacia el detector piroeléctrico. El patrón de detección de estos sensores depende del diseño de su lente. Un circuito electrónico procesa, amplifica, analiza la señal y se encarga de controlar un conmutador. En la figura 2.4 se muestra la estructura de estos sensores y en la figura 2.5 un ejemplo de los que aparecen en el mercado.

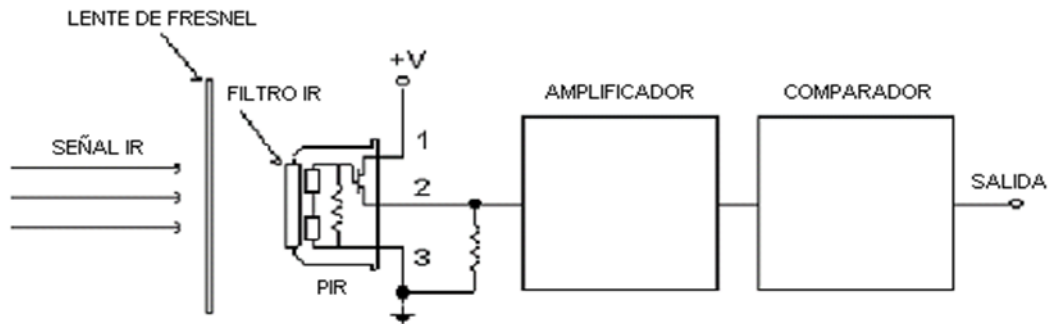


Figura 2.3. Estructura de un sensor PIR

Fuente: Google imágenes



Figura 2.4. Sensor PIR

Fuente: Google imágenes

✓ Detectores ultrasónicos

Una tecnología más avanzada que la anterior para detectar movimiento es la basada en la emisión de ondas de ultrasonidos. Su funcionamiento se basa en lo siguiente: el sensor emite una onda ultrasónica que llena el espacio donde opera, midiendo el tiempo necesario para que la onda retorne como un eco. Cuando hay un movimiento dentro de esta zona, la onda sonora rebota con una longitud de onda diferente a la emitida; de esta manera el sensor puede determinar la presencia de personas. Son aconsejables para la detección de movimientos pequeños y suelen cubrir superficies mayores. Esta tecnología determina una cobertura de tipo volumétrica, que puede traspasar los límites estructurales de la zona a cubrir a través de puertas, ventanas o paredes ligeras.

Son ideales en ambientes con presencia de obstáculos o donde la actividad del personal resulta extremadamente reducida. Su principal desventaja es que no sólo responden al movimiento humano, sino que también el movimiento de puertas, ventanas, o cortinas podrían activarlo.

Una variedad menos avanzada de los detectores de ultrasonidos son los denominados pasivos o microfónicos, que se basan simplemente en la detección de presencia por medio de detectar el sonido emitido en un amplio rango de frecuencias. A pesar de que es posible configurarlos para que distingan sobre algunos ruidos de fondo continuos, como el de motores, los modelos pasivos provocan un mayor porcentaje de falsos positivos respecto a los modelos activos. En la figura 2.6 se muestra un esquema del funcionamiento de estos sensores.

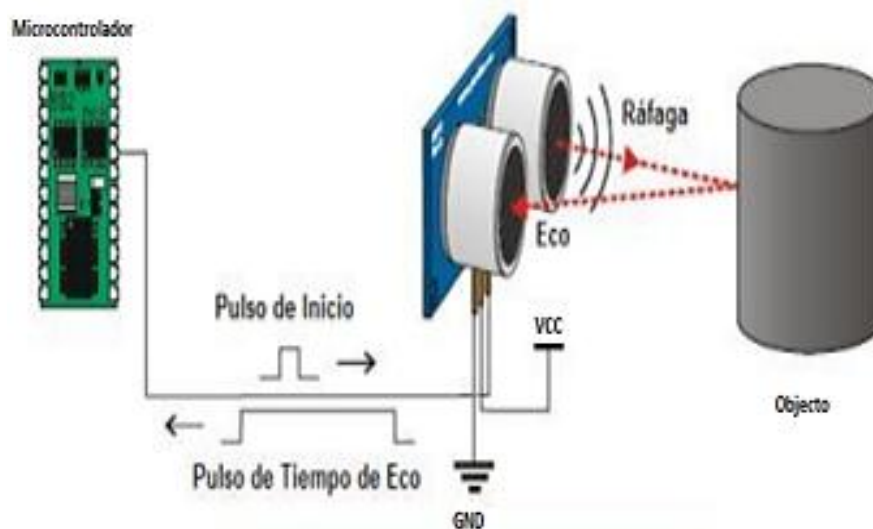


Figura 2.5. Funcionamiento de un sensor ultrasónico y su área de cobertura.
Fuente: (Sancllemente, 2016)

✓ Detectores duales

Los detectores más avanzados son los que combinan las dos tecnologías anteriores, infrarrojos y ultrasonidos, y se denominan duales. La ventaja que ofrecen es la eliminación de falsos encendidos y apagados, así como

el aumento de la sensibilidad y de la superficie cubierta, logrando una máxima flexibilidad para su utilización en ambientes donde la presencia de personas o configuración del espacio en la zona a cubrir varía con el transcurso del tiempo.

Los duales son los más indicados para espacios donde se requiere un alto nivel de detección, por lo que las aplicaciones más indicadas son salas de conferencias o aulas, así como situaciones en los que el resto de las tecnologías causarían errores. En la figura 2.7 se muestra un ejemplo de los existentes en el mercado.



Figura 2.6. Detector Dual

Fuente: Google imágenes

2.3.1.2 Sensores de iluminación.

Las fotorresistencias o resistencias dependientes de luz (LDR, *Light Dependent Resistor*) son sensores resistivos basados en semiconductores empleados para la medida y detección de radiación electromagnética (Pérez, Álvarez, Ferrero, Campo, & Grillo, 2004). El fenómeno de la fotoconductividad es el fundamento de los sensores fotoconductivos.

Una LDR típica consiste en una fina capa semiconductor dispuesta sobre un sustrato cerámico o plástico. La película semiconductor describe una pista en zigzag con contactos metálicos en los extremos, tal como se puede apreciar en la figura 2.8. La forma de la película sensitiva tiene por

objeto maximizar la superficie de exposición y al mismo tiempo mantener un espacio reducido entre los electrodos para aumentar la sensibilidad.



Figura 2.7. Resistencia dependiente de luz (LDR).
Fuente: (PROMETEC, 2016)

Entre los materiales semiconductores más usados para realizar las LDRs se encuentran el sulfuro de cadmio (CdS) y el seleniuro de cadmio (CdSe). Estos dos materiales son muy utilizados, sobre todo en los sensores fotoconductivos de bajo costo; sin embargo, se caracterizan por una respuesta relativamente lenta (su constante de tiempo es del orden de 50ms). La tensión máxima que pueden soportar puede llegar hasta 600V y hay modelos capaces de disipar más de 1Watt de potencia. Otros materiales pueden ser: PbS, InSb, $Hg_xCd_{1-x}Te$, y germanio dopado con zinc y boro. Cada compuesto presenta un espectro de detección característico.

En este punto es necesario aclarar que el nivel de iluminación, conocido también como iluminancia, se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Cuando el flujo se mide en lumen (lm) y el área en metros cuadrados, la iluminación se expresa en lux, cuyo símbolo es lx, equivalente a $1lm/m^2$. En la tabla 2.1 se listan algunos de los valores de nivel de iluminación recomendados en dependencia de las habitaciones de un hogar.

Tabla 2.1. Niveles de iluminación en algunas habitaciones.

Habitaciones	Niveles de iluminación (lx)
--------------	-----------------------------

	Mínimo	Bueno	Muy Bueno
Cuartos de baños (alumbrado general)	50	100	250
Cocinas	150	300	600
Cuartos de estar (alumbrado general)	70	200	400
Lectura	200	500	700
Cuartos de niños	70	200	400
Dormitorios (alumbrado general)	50	100	250
Escaleras	100	150	300
Salones de estudio	300	500	750

Fuente: (Airfal Internacional, 2016)

2.3.1.3 Sensores magnéticos

Es el más común utilizado en sistemas antirrobo, el propósito de este es disparar una alarma cuando se abra una puerta o ventana. Está formado por 2 unidades (tal como se muestra en la figura 2.9): una unidad conmutadora y una magnética. La primera se coloca en la parte fija del lugar a proteger y la otra unidad, que contiene un imán (magneto permanente), se coloca en la parte móvil. Se puede emplear en cualquier tipo de superficie. Se debe tener en cuenta la distancia de cierre (distancia máxima para que el interruptor del contacto cierre) y la mínima distancia de abertura que es de 1,1 a 1,5 veces la distancia de cierre.



Figura 2.8.Sensor magnético.

Fuente: (01Seguridad, 2017)

2.3.2 Actuadores

Los actuadores (figura 2.10) son dispositivos capaces de recibir una orden procedente de un sistema de control y realizar una acción que modifique el estado de un determinado equipo o instalación: encendido o apagado, subida o bajada, apertura o cierre, etc.



Figura 2.9. Distintos tipos de actuadores.

Fuente: (Martín, 2011)

Existen varios modelos de actuadores con aplicación en el hogar. Entre los más comunes se encuentran los relés de maniobra, que en esencia permiten el paso de corriente eléctrica hacia el dispositivo al que están conectados según marque el estado de una señal de control. Son frecuentes también las electroválvulas de corte de suministro para agua o gas, así como las sirenas y demás elementos acústicos para el aviso de las alarmas en curso.

2.3.3 Nodo o sistema de control

Es el componente electrónico principal del sistema. Se encarga de procesar la información proveniente de los sensores, tomar una decisión y enviar órdenes a los actuadores. Se encarga además de controlar toda la información que viaja a través del sistema. Su núcleo central lo constituye un microcontrolador. Pueden ser configurables por usuario o no.

Un sistema domótico puede disponer de uno o más nodos interconectado entre sí como se muestra en la figura 2.11.

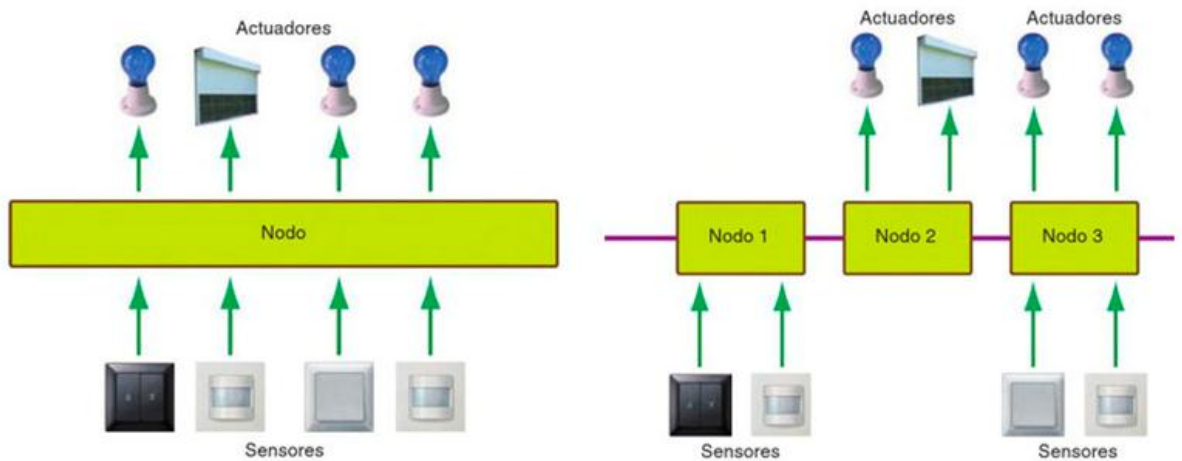


Figura 2.10. Nodos en la instalación domótica.

Fuente: (Martín, 2011)

2.4 Arquitectura de las instalaciones

Los sistemas domóticos pueden clasificarse de varias formas en función de la tipología, de la topología y de los medios de transmisión (Alzate, 2010). La arquitectura o tipología de un sistema domótico, especifica el modo en que los diferentes elementos se van a ubicar.

El uso de diferentes tipos de cableado o de red implica diferencias notables en parámetros como la complejidad del cableado, velocidad de transmisión, vulnerabilidad, gestión de la red y la tasa de fallos.

De acuerdo a la distribución de los distintos dispositivos en la red, los sistemas de control pueden ser de los siguientes tipos:

- ✓ Sistemas centralizados.
- ✓ Sistemas descentralizados.

- ✓ Sistemas distribuidos (híbridos).

2.4.1 Sistemas centralizados.

Los sistemas centralizados (figura 2.12) se caracterizan por tener un único nodo que recibe toda la información de los sensores, la procesa y envía a los actuadores las órdenes correspondientes a ejecutar. En dicha arquitectura los elementos a controlar y supervisar han de cablearse hasta el sistema de control de la vivienda.

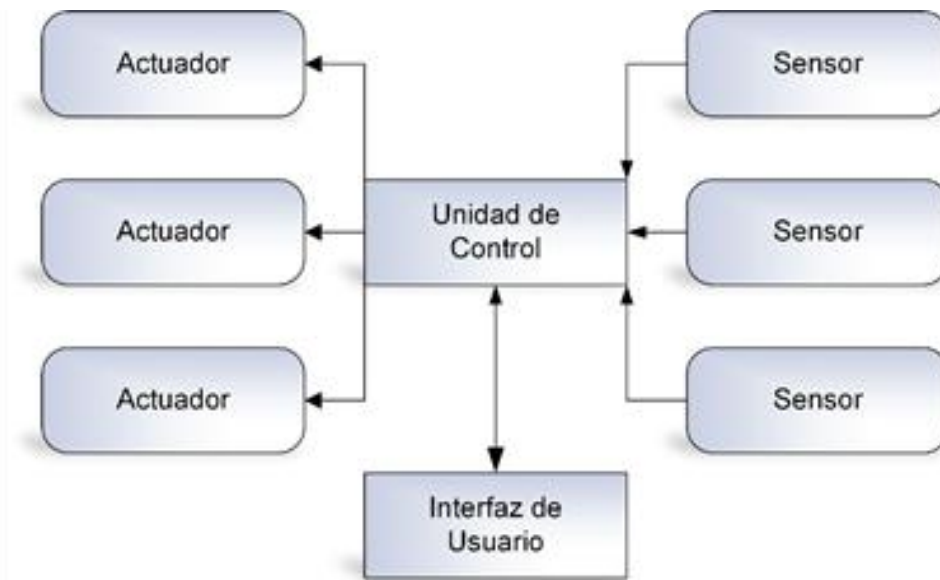


Figura 2.11.Arquitectura de los sistemas centralizados.

Elaborada por la autora

Las ventajas de los sistemas centralizados son:

- ✓ Los elementos sensores y actuadores son de tipo universal, brindando la posibilidad de utilizar una gran variedad de elementos comerciales.
- ✓ Costo reducido o moderado, ya que ningún elemento necesita módulos especiales de direccionamiento ni interfaces para distintos buses.

- ✓ Instalación sencilla.
- ✓ Requerimientos mínimos.

Los inconvenientes son:

- ✓ Flexibilidad limitada, pues las reconfiguraciones son costosas.
- ✓ Mayor longitud de cableado dada la topología, lo que incrementa el costo de la instalación y limita su uso en grandes instalaciones.
- ✓ Sistema dependiente del funcionamiento óptimo de la central, lo cual se traduce en poca robustez.
- ✓ Modularidad difícil.

2.4.2 Sistemas descentralizados

En los sistemas descentralizados (figura 2.13), todos los elementos de red actúan de forma independiente unos de otros, por lo que toda la inteligencia del sistema está distribuida en sus módulos, sean sensores o actuadores, donde cada uno de ellos dispone de funciones de control y mando.

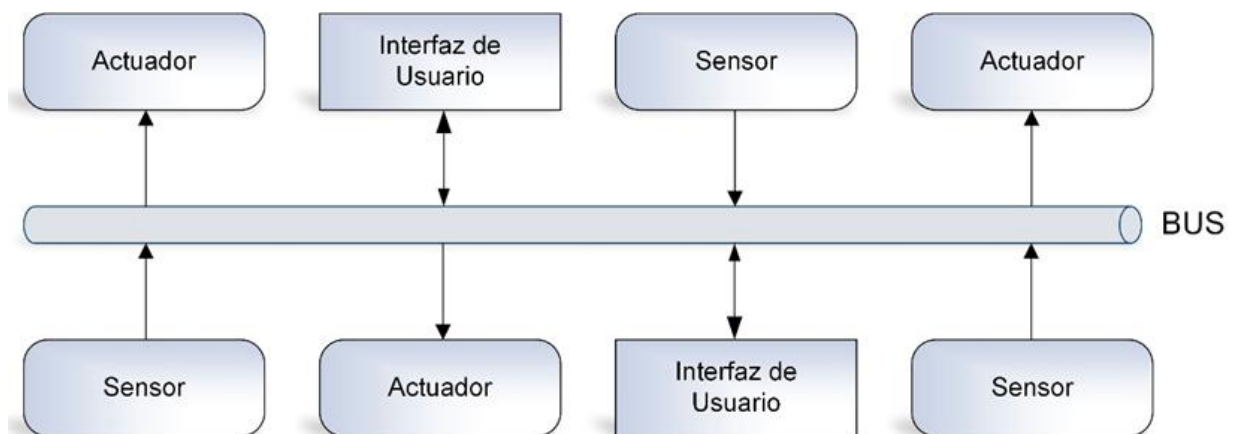


Figura 2.12.Arquitectura descentralizada.

Elaborada por la autora

La arquitectura descentralizada es típica de los sistemas con topología en bus, pues comparten la misma línea de comunicación, requiriendo el empleo de un protocolo de comunicación para que todos los elementos produzcan una acción coordinada.

Las ventajas de los sistemas descentralizados son:

- ✓ Escalabilidad. Suelen ser adaptables a cualquier tamaño de instalación y las ampliaciones resultan sencillas.
- ✓ Alta flexibilidad y una gran facilidad para reconfiguraciones.
- ✓ Posibilidad de tecnologías *plug & play* (Horak, 2008) que simplifican mucho las instalaciones.
- ✓ Ahorro de cableado en la instalación, lo que reduce los costos, sobre todo en instalaciones y proyectos a gran escala.
- ✓ Seguridad de funcionamiento.

Los inconvenientes son:

- ✓ Mayor precio de los componentes, dado el incremento de complejidad que conllevan por la necesidad de incluir los protocolos y técnicas de direccionamiento.
- ✓ Necesidad de compatibilidad entre los equipos y componentes.
- ✓ Oferta de productos restringida al protocolo que emplean para garantizar la compatibilidad entre ellos.
- ✓ Más próximos a “edificios inteligentes” que a “viviendas inteligentes”.
- ✓ Alta complejidad de programación.

2.4.3 Sistemas distribuidos

Los sistemas distribuidos o híbridos (figura 2.14) combinan las tipologías centralizada y descentralizada. La inteligencia del sistema está localizada

en cada uno de los nodos de control y cada nodo tiene acceso físico directo a una serie limitada de elementos de red.

Es necesario, al igual que en el caso de los sistemas descentralizados, un protocolo de comunicación para que todos los módulos produzcan una acción coordinada.

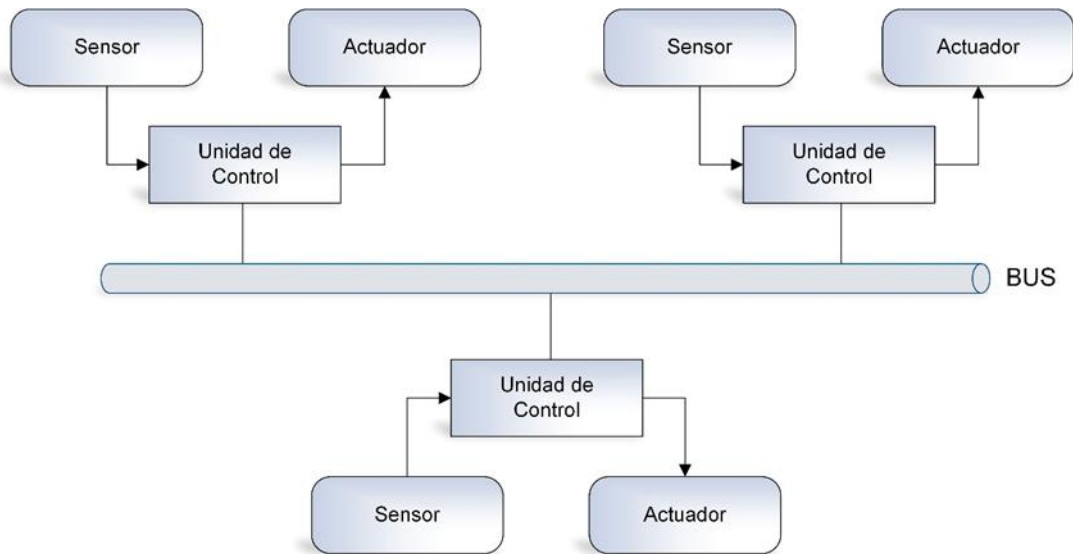


Figura 2.13.Arquitectura de sistemas distribuidos.

Elaborada por la autora

Las ventajas de los sistemas distribuidos son:

- ✓ Posibilidad de rediseño de la red.
- ✓ Fácil ampliación.
- ✓ Sensores y actuadores de tipo universal (económicos y de gran oferta).
- ✓ Costo moderado.
- ✓ Cableado moderado.
- ✓ Seguridad de funcionamiento.

Como único inconveniente se tiene el hecho de que requieren programación o configuración compleja.

2.5 Medios de transmisión

En todo sistema domótico los diferentes elementos de control deben intercambiar información a través de un soporte físico. El protocolo de comunicación a utilizarse define un medio de transmisión específico.

Entre los medios de transmisión, como los que se muestran en la figura 2.15, se pueden citar los siguientes:

- ✓ Corrientes portadoras
- ✓ Soportes metálicos:
 - Par metálico
 - Coaxial
- ✓ Fibra óptica
- ✓ Conexión inalámbrica:
 - Infrarrojo
 - Radiofrecuencia (RF)



Figura 2.14. Medios de transmisión.

Fuente: Google imágenes

Líneas de distribución de energía eléctrica (corrientes portadoras)

La característica fundamental de los sistemas de corrientes portadoras es que utilizan como medio de transmisión de datos la red de distribución eléctrica. Si bien no es el medio más adecuado por su poca fiabilidad junto a la baja tasa transmisión de datos, es una alternativa a tener en cuenta para las comunicaciones domésticas por el bajo costo que implica su uso, al contar con una instalación existente.

Existen diferentes fabricantes que adoptan sistemas propios basados en corrientes portadoras, aunque su uso ha sido dominado por años por el estándar X-10 que permite compatibilizar dispositivos de diferentes fabricantes.

Soportes metálicos

Par metálico: en este tipo de aplicaciones se usan para transportar señales de voz, datos y alimentación de corriente continua y alterna.

Coaxial: dentro del ámbito de la vivienda, el cable coaxial puede ser utilizado como soporte de transmisión para señales de teledifusión que provienen de las antenas de televisión, televisión por cable, radio y señales de control y datos a baja y media velocidad.

Conexiones inalámbricas

Una conexión inalámbrica es un enlace entre circuitos o elementos de la red (sensores o actuadores) que emplean como medio de transmisión radiofrecuencias (RF) o infrarrojo (IR). La ventaja fundamental de estos medios de transmisión es la no utilización de cableado, lo que se traduce en algunos casos en sustanciales ahorros.

Los controladores de equipos domésticos basados en la transmisión de ondas en la banda de los infrarrojos tienen como principales ventajas:

comodidad y flexibilidad, admiten un gran número de aplicaciones, y al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos domésticos.

Uno de los estándares más difundidos de comunicaciones inalámbricas entre dispositivos, que hace uso de las RF, es el denominado WiFi (*Wireless Fidelity*). Las redes inalámbricas, ofrecen una comodidad muy superior a las redes cableadas porque cualquier nodo que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos en un radio de extensión considerable. Permiten el acceso de múltiples dispositivos sin gasto en infraestructura. Poseen compatibilidad asegurada entre dispositivos lo que permite la utilización de dicha tecnología en cualquier parte del mundo. A pesar de lo antes mencionado, en las tecnologías inalámbricas la potencia y velocidad de transmisión puede verse afectada debido a interferencias y/o atenuaciones de señal.

2.6 Los sistemas domóticos de hoy día

Muchas son las empresas y organizaciones que se dedican al desarrollo e instalación de sistemas domóticos, tales como: Asociación Española de Domótica e Inmótica (CEDOM), *KNX Association*, Domintell (división de la empresa belga Trump S.A.), Ozom, Horus, etc. Los precios de las instalaciones que proponen estas empresas van desde 1500€ hasta 36000€ dependiendo del nivel domótico que se desee desplegar. En ocasiones pueden encontrarse propuestas mucho más baratas (sobre los 250€), pero limitados a brindar una función extremadamente básica.

La vertiginosa tendencia actual al control y administración de los dispositivos desde Internet, a lo que se le conoce como internet de las cosas (IoT, *Internet of Things*), también ha llegado hasta la domótica, posibilitando el control de prácticamente la vivienda completa desde cualquier lugar.

2.7 Normas y regulaciones sobre domótica

En la actualidad existen varias legislaciones y normativas que se dedican a regular los sistemas domóticos, pero no son muy concretas y no están bien definidas. En la figura 2.16 se muestra un ejemplo de algunas que se aplican en Europa. Además de ser muy generales no establecen los requisitos mínimos necesarios para una instalación domótica y quedan excluidos los aspectos relacionados con las instalaciones de telecomunicaciones, sistemas de seguridad y contra incendios.

Normas	Reglamentación
<ul style="list-style-type: none">■ Serie Normas EN 50090 "Home and building electronic systems (HBES)" (protocolo KONNEX)■ Serie Normas EN/ISO 16484 "Building automation and control systems (BACS)" (protocolo BACnet)■ Serie Normas prEN 14908 "Open data Communication in Building Automation" (protocolo LON)	<ul style="list-style-type: none">■ Directivas Europeas<ul style="list-style-type: none">• BT 73/23/CEE• CEM 89/336/CEE■ Reglamentos Nacionales<ul style="list-style-type: none">• ICT• REBT
<ul style="list-style-type: none">■ Proyecto SmartHouse	<ul style="list-style-type: none">■ Guía ITC-BT 51

Figura 2.15. Normas y regulaciones de domótica.

Fuente: (Sancllemente, 2016)

CAPITULO 3 . Descripción de la implementación.

Una vez caracterizados los sistemas domóticos en cuanto a las ventajas de su utilización, estructura, parámetros de las partes que la componen entre otros aspectos, se contó con los elementos necesarios para proponer el diseño de una tarjeta de control genérica que cumpla con el requisito de permitir el desarrollo de sistemas domóticos modulares, diversos (de acuerdo a las necesidades del usuario), tecnológicamente independientes y de bajo costo.

3.1 Metodología de diseño

La metodología que se siguió para la concepción del diseño fue la siguiente:

- ✓ Definición de las prestaciones que con el uso de la tarjeta de control se pueden implementar en el sistema domótico. Para la selección de las prestaciones además de analizar las que brindan varios sistemas domóticos propietarios se tuvieron en cuenta aquellas que proporcionan ahorro de energía eléctrica como una contribución a reducir la emisión de agentes contaminantes debido al uso de combustibles fósiles; estas irán orientadas a gestionar automáticamente el encendido y apagado de luminarias y acondicionadores de aire en las residencias. Además, se agregaron prestaciones que permitirán un uso racional del agua, la seguridad de las personas y los bienes materiales sin perder de vista la incorporación de facilidades para un mayor confort y bajo costo de producción e instalación.
- ✓ Diseño del *hardware*. En esta etapa se escoge la topología de la tarjeta de control, se define su núcleo, se realiza la propuesta de diseño de cada uno de los subsistemas que se proponen, especificando las características de los componentes a utilizar, y

finalmente se diseña el *firmware* del sistema. En esta propuesta se tiene en cuenta además que la concepción de cada subsistema se realiza de forma modular para que el usuario pueda implementar las aplicaciones de su interés en el sistema domótico.

- ✓ Diseño de la interfaz gráfica. La interfaz de usuario para el control de las variables tiene la versatilidad de ser a través de un *display* o utilizando una aplicación en un teléfono inteligente (*Smartphone*). En esta etapa se describe el diseño de ambas variantes.
- ✓ Establecimiento de las especificaciones del diseño. En este punto de la metodología se analizan las especificaciones técnicas para el trabajo con la tarjeta de control.
- ✓ Se valida el diseño y se realiza un análisis de costo.
- ✓ Se propone el Manual de usuario.

3.2 Prestaciones a implementar en el sistema domótico.

La tarjeta de control se diseñó para lograr que el sistema domótico brinde las funcionalidades siguientes:

Climatización

- ✓ Medición y visualización de la temperatura en las distintas habitaciones del hogar.
- ✓ Encendido/Apagado programable, en el cual el usuario define el intervalo de tiempo que permanecerá encendida la climatización.
- ✓ Control de la temperatura de un local de acuerdo a las temperaturas máxima y mínima establecidas por el usuario.

Iluminación

- ✓ Encendido/Apagado automático de las luminarias en presencia o no de individuos en una habitación.
- ✓ Encendido/Apagado remoto, permitiendo actuar sobre luminarias distantes al usuario.

- ✓ Ajuste de la intensidad luminosa de acuerdo a la actividad que se desarrolla en el recinto.
- ✓ Control de luminarias en exteriores, estableciendo el encendido de estas cuando la iluminación natural esté por debajo de determinado nivel.

Confortabilidad

- ✓ Gestión automática de cortinas según el nivel de incidencia de luz natural y la temperatura en el local.
- ✓ Control del llenado de un depósito de agua.

Seguridad

- ✓ Control del estado de puertas y ventanas.
- ✓ Información de presencia en distintos locales.

Interfaz de usuario

- ✓ Información de temperatura de las distintas habitaciones del hogar, así como el estado (encendido/apagado) de los equipos de climatización.
- ✓ Notificación de presencia en las distintas áreas de la casa.
- ✓ Notificación del estado de puertas y ventanas.
- ✓ Configuración de parámetros del sistema domótico.

3.3 Propuesta de diseño del *hardware*.

Se describe a continuación el diseño del *hardware* que se propone para la tarjeta de control y se justifica la elección de cada una de sus partes componentes. Para lograr una descripción más detallada estos recursos se agrupan en sistemas y subsistemas.

Se seleccionó la arquitectura centralizada porque brinda la posibilidad de utilizar una gran variedad de elementos comerciales, lo cual posibilita un diseño modular y versátil, con un costo reducido.

En la figura 3.1 se muestra su esquema en bloques.

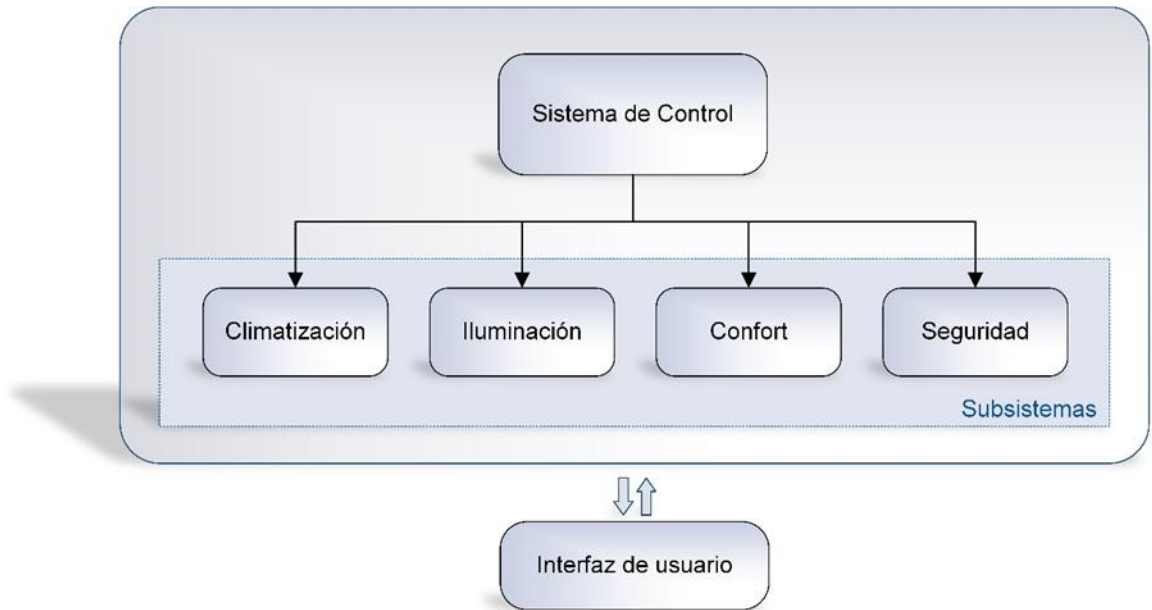


Figura 3.1. Diagrama en bloques general de la tarjeta de control propuesta para sistema domótico. Elaborada por la autora

3.4 Sistema de control

Es el componente electrónico principal de la tarjeta de control. Se encarga de procesar la información proveniente de los sensores, tomar decisiones y enviar órdenes a los actuadores en función de la situación en cada local. También se encarga de controlar toda la información que viaja a través del sistema.

Después de analizar los microcontroladores y plataformas con microcontroladores en una amplia gama de productos y fabricantes, como son PIC y dsPIC de Microchip Technology, PSoC de Cypress MicroSystems, Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, y otros que ofrecen diversas funcionalidades, se decidió utilizar la plataforma Arduino, y dentro de ella específicamente el Arduino MEGA 2560.

3.4.1 ¿Qué es Arduino y por qué utilizarlo?

Arduino es una plataforma de *hardware* libre diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Su *hardware* consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más comunes son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, Atmega2560 y Atmega8 caracterizados por un bajo costo que permite el desarrollo de múltiples diseños. El *software* para la interacción con el microcontrolador en la placa Arduino consiste en un entorno de desarrollo que implementa lenguaje de programación basado en *Wiring* y el entorno de desarrollo basado en *Processing*. Este *software* puede descargarse libre de pago, desde su página oficial, e incluye los *drivers* de todas las tarjetas disponibles haciendo más fácil la carga de códigos desde el computador.

La plataforma Arduino simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, y propone ventajas sobre otros sistemas existentes:

Económico: Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con el resto de las plataformas. Las versiones menos costosas de módulos Arduino pueden ensamblarse a mano, y los módulos pre-ensamblados de Arduino cuestan menos de 50USD.

Popularidad: Gracias a su simplicidad y accesibilidad, Arduino ha sido utilizado en un sinnúmero de proyectos y aplicaciones, generando de esta forma una gran cantidad de información al respecto. Además, cuenta con *kits* para principiantes y la posibilidad de compartir ideas *online* con miembros de la Comunidad Arduino.

Multiplataforma: El entorno de desarrollo de aplicaciones (IDE por las siglas en inglés de *Integrated Development Environment*) de Arduino se puede ejecutar sobre los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX, y Linux. El resto de los sistemas con microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno y lenguaje de programación simple y claro: Son muy fáciles de aprender y de utilizar, y a la vez flexibles y completos para que los usuarios avanzados puedan aprovechar todas las posibilidades del *hardware*. Además, están bien documentados, con ejemplos detallados y gran cantidad de proyectos publicados en diferentes formatos.

Software de código abierto y extensible: El *software* Arduino se publica como herramienta de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido a través de bibliotecas de C++, y las personas que deseen entender los detalles técnicos pueden hacer el salto de Arduino al lenguaje de programación AVR-C (compilador C para microcontroladores de Atmel) en el cual se basa. De igual forma, puede añadirse código AVR-C directamente dentro del programa Arduino si se desea.

Hardware de código abierto y extensible: Los proyectos de las placas Arduino son publicados bajo una licencia *Creative Commons*, para que diseñadores experimentados puedan hacer su propia versión del módulo, extendiéndola y mejorándola.

Placas reutilizables y versátiles: Reutilizables porque se puede aprovechar la misma placa para varios proyectos (ya que es muy fácil de desconectarla, reconectarla y reprogramarla), y versátiles porque las placas Arduino proveen varios tipos diferentes de entradas y salidas de datos, los cuales permiten capturar información de sensores y enviar señales a actuadores de múltiples formas.

3.4.2 Arduino Mega 2560.

El Arduino Mega 2560, como se observa en la figura 3.2, es una plataforma de *hardware* y *software* basado en el microcontrolador ATmega2560.



Figura 3.2.Arduino Mega 2560.

Fuente: (Arduino, 2017)

3.4.3 Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560.

En la tabla 3.1 se listan las especificaciones técnicas del microcontrolador ATmega 2560 que constituye el núcleo de este Arduino.

Tabla 3.1.Especificaciones técnicas del ATmega 2560.

Microcontrolador ATmega2560	
Voltaje de Operación	5V
Terminales digitales de E/S	54
Terminales analógicos de entrada	16
Corriente por terminal de E/S	20mA
Corriente por el terminal 3,3 V	50mA
Memoria Flash	256kB (se emplean 8kB para el gestor de inicio)

SRAM	8kB
EEPROM	4kB
Frecuencia del reloj	16MHz
Largo	101,52mm
Ancho	53,3mm
Peso	37g

Fuente: (Arduino, 2017)

3.4.4 Especificaciones de los terminales del Arduino Mega 2560

El Arduino Mega2560 cuenta con 54 terminales de entrada/salida digital identificados por números. Todos trabajan con lógica TTL, con capacidad de hasta 40mA y se pueden configurar para que trabajen con resistencias internas de *pull up*.

Otros terminales permiten acceder a las funciones que se describen a continuación:

- Conversor analógico digital: Entradas conectadas al conversor analógico/digital del microcontrolador. Se nombran por el código desde A0 hasta el A15. La resolución del conversor es de 10 bits.
- Comunicación: Terminales que permiten la comunicación, ya sean del bus I2C, del bus SPI (*Serial Peripheral Interface*) o de los puertos series. Son reconocidos por las numeraciones que se aprecian en la tabla 3.2
- Salidas PWM: Salidas con capacidad de modulador de ancho de pulso. Terminales digitales del 2 al 13 y del 44 al 46. La frecuencia de la señal del PMW es de 490Hz.

- Terminales digitales que se pueden programar con interrupciones: 2; 3; 18; 19; 20; 21.

Tabla 3.2. Descripción de terminales del Arduino Mega 2560 para comunicación.

Terminales	Función
0;1	Primer puerto serie
18;19	Segundo puerto serie
16;17	Tercer puerto serie
14;15	Cuarto puerto serie
20;21	Bus I2C
50; 51; 52; 53	Bus SPI

Fuente: (Arduino, 2017)

Puede ser alimentado mediante la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. El tipo de alimentación se selecciona automáticamente.

Los terminales de alimentación son los siguientes:

- Vin: Por este terminal se le puede suministrar alimentación a la placa de forma similar que con el conector de fuente externa.
- 5V: Por este terminal se obtiene 5V de la salida del regulador de la placa, si se alimenta por fuente externa. Si se conecta por el puerto USB se obtiene directamente del mismo.
- 3V3: Este terminal proporciona 3,3V regulados, con capacidad de 50mA.
- GND: Terminal de tierra o potencial cero.

3.5 Subsistema para el control de la climatización

Para el control de la climatización el diseño realiza el monitoreo de temperatura en el local en cuestión y en consecuencia se actúa sobre el

encendido/apagado de los equipos acondicionadores de aire. Por tratarse de equipos altos consumidores de energía eléctrica su control preciso y apagado en ausencia de personas en el local contribuye en gran medida al ahorro de energía eléctrica, cabe destacar que el control por medio de la domótica de estos no supe sus propios controles, sino que los complementa.

Para la operación se prevé que el usuario establezca a través de las interfaces gráficas la temperatura mínima y máxima, así como los rangos de tiempo en los que permanecerán desconectados teniendo en cuenta que no hay presencia de personas o fuera del horario de trabajo si es el caso. Lo antes mencionado se logra mediante el empleo de los componentes mostrados en el diagrama de la figura 3.3.

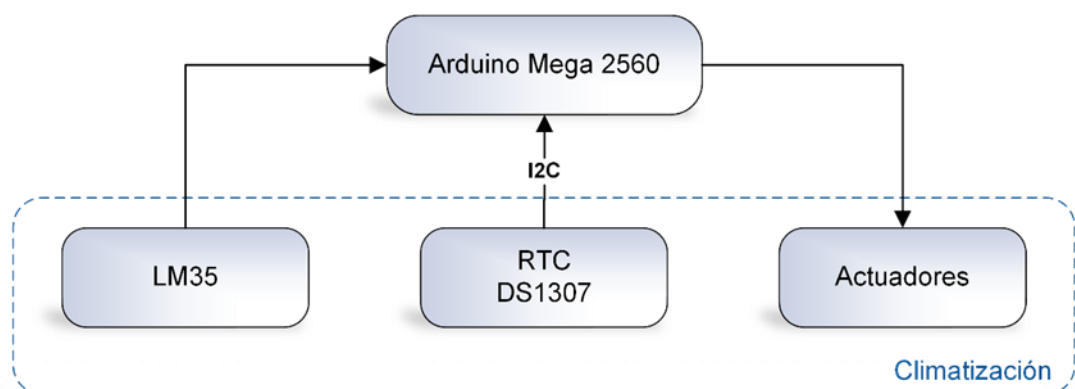


Figura 3.3. Diagrama del subsistema de climatización.

Elaborada por la autora

3.5.1 LM35

Para tomar muestras de la temperatura se propone el uso del sensor LM35 cuyo voltaje de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) del medio en que se encuentre, con una equivalencia de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. La baja impedancia de salida que lo caracteriza, su comportamiento lineal y su precisa calibración inherente, hacen posible una fácil instalación en circuitos de control.

Parámetros típicos:

1. Precisión: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ garantizados a 25°C .
2. No linealidad: $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.
3. Corriente de alimentación: $60\mu\text{A}$.
4. Rango de temperatura de funcionamiento: desde -55° a $+ 150^{\circ}\text{C}$.
5. Tensión de alimentación: desde 4 a 30V

Como ventaja adicional, el LM35 no requiere de circuitos para su calibración externa cuando se desea obtener la precisión típica. Su baja corriente de alimentación ($60\mu\text{A}$) no produce un efecto de autocalentamiento significativo, menos de $0,1^{\circ}\text{C}$ en situación de aire estacionario.

Es aconsejable poner un capacitor de $1\mu\text{f}$ y una resistencia de $10\text{k}\Omega$ para evitar que el voltaje de salida varíe por la influencia de ruidos e interferencias eléctricas cuando la distancia entre el sensor y el amplificador es mayor que 10cm .

Para acondicionar la señal a los niveles de entrada permisibles por el Arduino, sin extraerle al sensor una corriente apreciable que pueda modificar el nivel de su tensión de salida, se propone el circuito acondicionador de nivel que se observa en la figura 3.4. Compuesto por un amplificador operacional (AO) LM358 en configuración no inversora cuya salida se conecta al terminal A0 del Arduino. Para permitir que el usuario pueda ajustar el rango de temperatura al deseado, se estableció en el diseño como temperatura máxima 40°C , valor muy por encima del que se puede esperar del ambiente.

Teniendo en cuenta que la resolución del conversor analógico/digital del Arduino es de 10 bits y el máximo valor analógico permisible en sus

estradas es de 5V se fijó una ganancia del amplificador de 12 para máximo ajuste de escala y mínimo error de cuantificación.

Con $A_V = 12$

$$A_V = 1 + \frac{R_3}{R_4} = 1 + \frac{11k\Omega}{1k\Omega} = 12 \quad (3.1)$$

El diodo zener 1N750A ($V_Z = 4,7\text{ V}$) conectado a la salida del amplificador operacional se utiliza para limitar el voltaje máximo a modo de protección de las entradas analógicas del Arduino.

La resistencia R5 se calculó para el peor de los casos, 12V a la salida del AO, la máxima corriente por el terminal de Arduino de 20mA y la corriente del zener 10mA.

$$R_{10} = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{m\acute{a}x} + I_Z} = \frac{12V - 4,7V}{20mA + 10mA} \approx 243\Omega \quad (3.2)$$

En la práctica se utilizó 250 Ω por ser un valor existente en la práctica y para limitar a una corriente ligeramente menor.

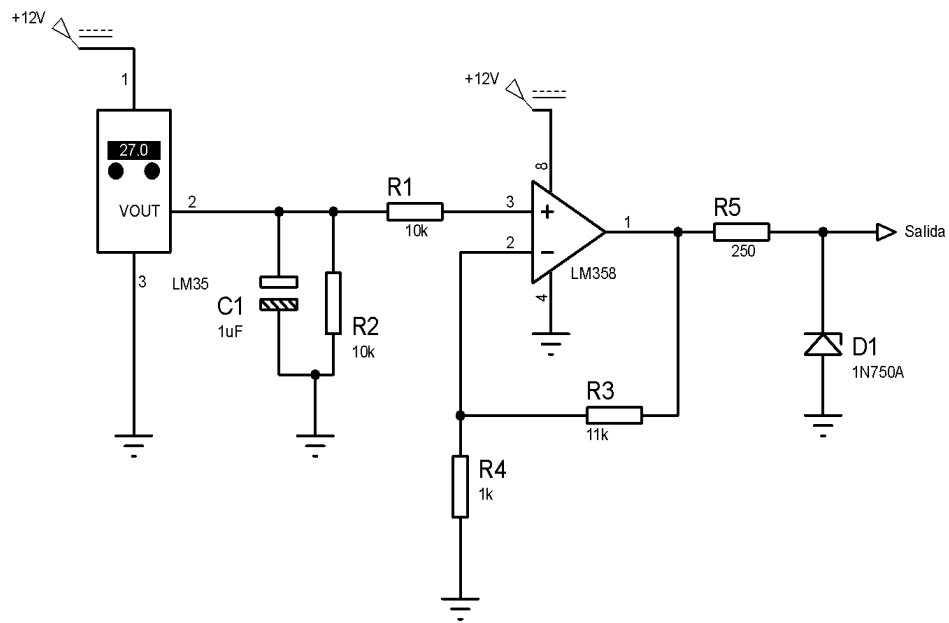


Figura 3.4. Acondicionador de señal con LM35.

Elaborada por la autora

Cálculo de los errores de medición de temperatura debido al sensor

En las cartas técnicas del LM35 se especifica que el error de linealidad del sensor es de $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ por lo que teniendo en cuenta la temperatura máxima fijada, el error de linealidad del sistema se expresa como:

$$\delta_L = \frac{\pm 0,3^{\circ}\text{C} * 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}}{400\text{mV}} * 100 = \pm 0,75\%$$

(3.3)

Tomando en cuenta que el error debido al calentamiento por disipación de potencia del LM35 que se especifica en las cartas técnicas es de 0.08°C . Se calcula el error que se comete en la medición a través de la expresión:

$$\delta_{cal} = \frac{\pm 0,08^{\circ}\text{C} * 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}}{400\text{mV}} * 100 = 0,2\%$$

(3.4)

Por lo que el error total sería:

$$E_T = \delta_L + \delta_{cal}$$

(3.5)

$$E_T = 0,75\% + 0,2\% = 0,95\%$$

(3.6)

Tomando en cuenta el resultado de la expresión (3.6) y el análisis de las curvas de precisión dadas por el fabricante para el LM35 (típica) que se muestran en la figura 3.5 se realizan las correcciones necesarias por *software* para mínimo error.

Los errores introducidos por el amplificador operacional pueden considerarse despreciables al poseer un Voltaje de offset de entrada 2mV, Corriente de offset de entrada de 3nA y una razón de rechazo a modo común de 85db de acuerdo a lo que especifica el fabricante en las hojas técnicas.

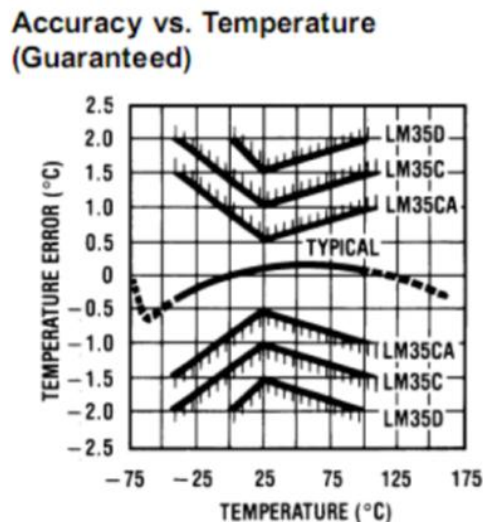


Figura 3.5. Precisión en función de la temperatura del LM35.

Fuente: (Arduino Stack Exchange, 2014)

3.5.2 Reloj de tiempo real DS1307

El establecimiento de rangos horarios para el funcionamiento de los dispositivos de climatización se realiza con el uso del reloj de tiempo real (RTC, *Real Time Clock*) DS1307, que se emplea además para proporcionar al microcontrolador la información de hora y fecha en formato digital a visualizar en el LCD (*Liquid Crystal Display*).

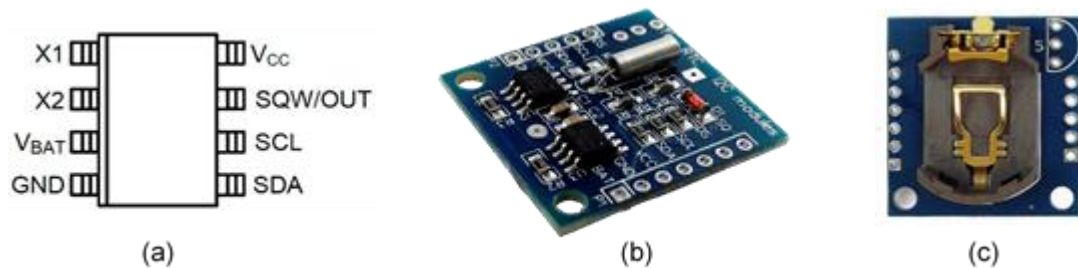


Figura 3.6. Reloj de tiempo real DS1307: (a) terminales en encapsulado mini-SO8 (b) vista inferior del módulo, (c) vista superior.

Fuente: (Dallas Semiconductor, 2017)

El DS1307, que se muestra en la figura 3.6, es de bajo consumo, posee reloj/calendario en formato decimal codificado en binario (BCD) y 56 bytes de memoria NV SRAM. La transferencia de direcciones y datos se realiza vía serie mediante el protocolo I2C (*Inter-Integrated Circuit*). El reloj/calendario ofrece información de segundos, minutos, horas, día, mes y año válidos hasta el 2100. El último día del mes es ajustado automáticamente para los meses con menos de 31 días, incluyendo correcciones para años bisiestos. Opera tanto en formato de 24 horas como en el de 12 horas con indicador de AM/PM.

Tiene embebido un circuito de comprobación de alimentación que detecta automáticamente cuando esta falla y conmuta a la fuente de respaldo, manteniendo un correcto funcionamiento en este estado. El DS1307 se eligió integrado en el módulo TinyRTC, el cual incluye conector para batería tipo CR2032, memoria EEPROM con interfaz I2C del fabricante

Atmel, 24C32N (32kB) para el almacenamiento de datos y con la posibilidad de soldar de manera opcional un sensor de temperatura DS18B20. El circuito eléctrico de este módulo se muestra en la figura 3.7.

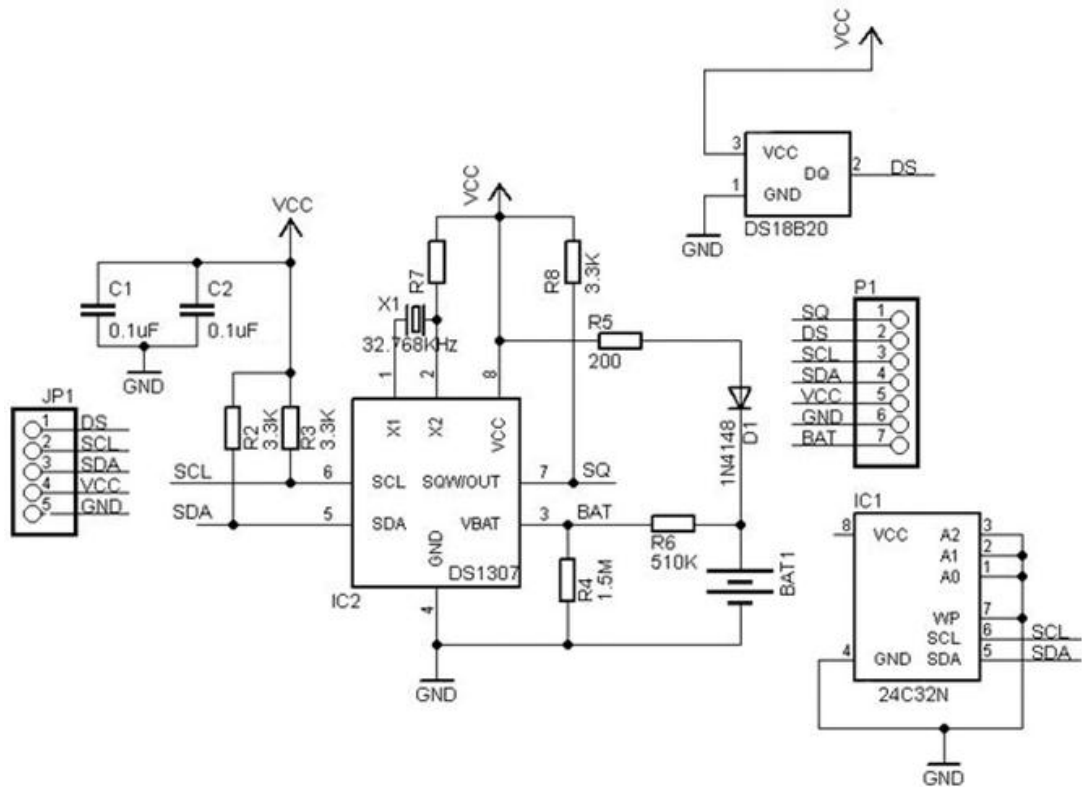


Figura 3.7. Esquema de circuito del módulo TinyRTC.
Fuente: (Dallas Semiconductor, 2017)

Las principales especificaciones eléctricas se listan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Parámetros eléctricos del DS1307

Parámetro	Mín.	Típico	Máx.	Unidad
Voltaje de alimentación	4,5	5,0	5,5	V
Voltaje de batería (V_{BAT})	2,0	3,0	3,5	V
Consumo (activo)	-	1,5	-	mA
Consumo (con batería de respaldo)	-	< 500	-	nA
Voltaje de fallo de alimentación	$1,216 \times V_{BAT}$	$1,25 \times V_{BAT}$	$1,284 \times V_{BAT}$	V

Fuente: (Dallas Semiconductor, 2017).

3.5.3 Actuadores

En la figura 3.8 se muestra el circuito que se propone para activar los equipos de potencia del sistema domótico, en particular, en este subsistema, sobre los acondicionadores de aire.

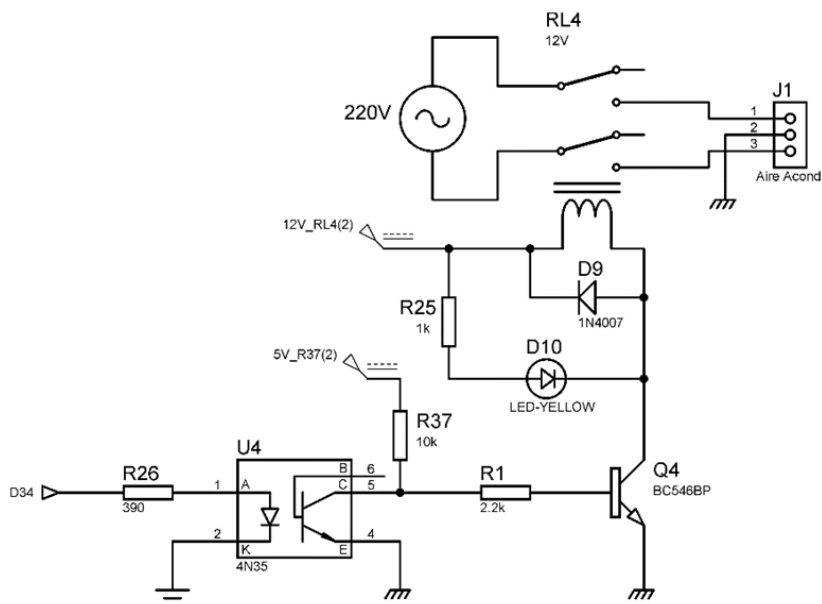


Figura 3.8. Esquema del circuito actuador.
Elaborada por la autora

Una vez que el sistema de control determine el modo de encendido/apagado de un dispositivo de acondicionamiento de aire en función de lo definido por el usuario en las interfaces de entrada, se hace necesario controlar la alimentación de los mismos.

Su funcionamiento se describe de la siguiente forma: un nivel bajo en la salida digital del Arduino establecida provoca la no activación del LED del optoacoplador 4N35 y por tanto que permanezca cortado el fototransistor asociado, esta condición establece un nivel alto (5V) en la base del transistor BC546, que lo lleva a régimen de saturación, permitiendo así el paso de corriente por el inductor del relevador electromagnético que al efectuar la conmutación energiza el acondicionador de aire, acción que se mostrará con el encendido del LED indicador D10. Por el contrario, un nivel alto en la salida del Arduino excitará al LED del optoacoplador y el

fototransistor pasará a régimen de saturación, poniendo en la base del BC546 0,2V lo que conlleva a que este se corte y se desactiven el relevador electromagnético y por ende el acondicionador de aire.

El diodo D9 en paralelo con el inductor del relevador electromagnético se utiliza como protección ante los picos de voltaje inverso.

Para el correcto funcionamiento del LED del optoacoplador una vez consultados los valores de corriente y de voltaje (I_F, V_F) en la hoja de datos del fabricante, se calculó el valor resistivo adecuado para limitar la corriente que se extraerá del Arduino.

$$R_{D(opto)} = \frac{V_H - V_F}{I_F} = \frac{5V - 1,2V}{10mA} = 380\Omega \quad (3.7)$$

Donde:

V_H , es el voltaje de salida a nivel alto del terminal del Arduino.

Por criterio práctico se escogió el valor de 390Ω para $R_{D(opto)}$. El resto de los componentes se determinaron como se muestra a continuación:

$$R_{25} = \frac{V_{CC_{RL4}} - V_D - V_{CE(sat)}}{I_D} = \frac{12V - 2V - 0,3V}{10mA} = 970\Omega \approx 1k\Omega \quad (3.8)$$

Teniendo en cuenta la corriente nominal del relé ofrecida en la hoja de datos del fabricante, la corriente de colector del transistor Q4 será:

$$I_{C_{Q4}} = I_{RL4} + I_D = 30mA + 10mA = 40mA \quad (3.9)$$

Por lo que la corriente de base:

$$I_{B_Q4} = \frac{I_{C_Q4}}{h_{FE(\text{mín})}} = \frac{40\text{mA}}{125} \approx 320\mu\text{A} \quad (3.10)$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE_Q4}}{I_{B_Q4}} = \frac{5\text{V} - 1\text{V}}{320\mu\text{A}} = 12,5\text{k}\Omega \quad (3.11)$$

En la práctica se empleó la combinación serie de un resistor de 10kΩ y otro de 2,2kΩ (R37 y R1).

Es necesario destacar que se establece un ciclo de histéresis por *software* para controlar el encendido/apagado del acondicionador de aire en pos de proteger este equipo. Se establece un periodo de espera de 3 minutos una vez se apague, transcurrido este tiempo estará listo para ser operado nuevamente.

3.6 Subsistema para el control de la iluminación

El control de las luminarias además del confort que aporta al sistema domótico contribuye al ahorro de energía eléctrica, en tal sentido la tarjeta de control debe permitir:

- Encendido/Apagado automático de las luminarias en presencia o no de individuos en una habitación.
- Encendido/Apagado remoto, permitiendo actuar sobre luminarias distantes al usuario.
- Ajuste de la intensidad luminosa de acuerdo a la actividad que se desarrolla en el recinto donde se encuentre el usuario.
- Control de luminarias en exteriores, estableciendo el encendido de estas cuando la iluminación natural esté por debajo de determinado nivel.

El control de las luminarias se realiza mediante el empleo de sensores de presencia, resistencias fotosensibles y los actuadores tal como lo muestra la figura 3.9.

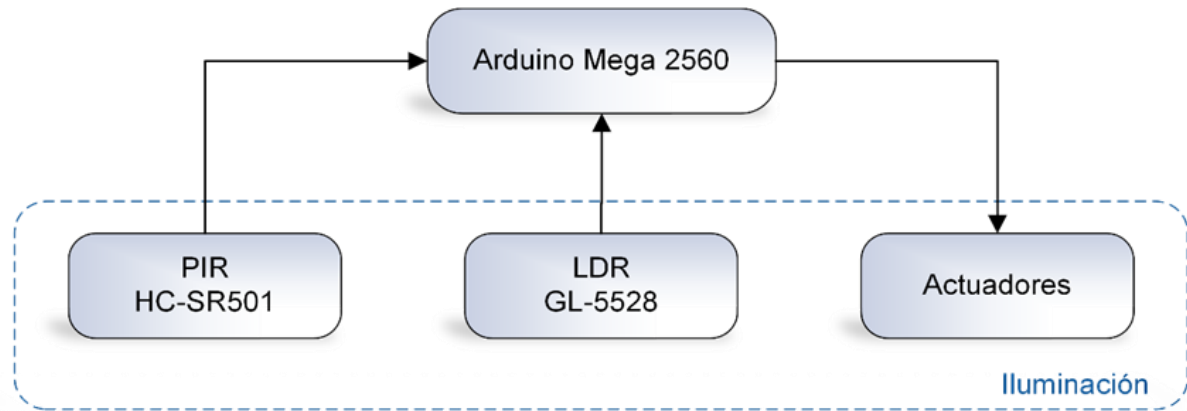


Figura 3.9. Diagrama del subsistema de iluminación.

Elaborada por la autora

A continuación, se realiza una breve caracterización de cada parte componente exceptuando los circuitos actuadores que coinciden en diseño con los mostrados en el análisis del subsistema de climatización.

3.6.1 Detector PIR HC-SR501

Para la detección de presencia de personas en un recinto se seleccionó el sensor infrarrojo pasivo (PIR) HC-SR501, mostrado en la figura 3.10. Se justifica su selección por su completa compatibilidad con la plataforma Arduino, alta sensibilidad, pequeñas dimensiones y otras especificaciones técnicas que se listan en la tabla 3.4.



Figura 3.10. Sensor PIR HC-SR501.

Fuente: (Instructables, 2016)

Tabla 3.4. Especificidades técnicas del HC-SR501

Voltaje de alimentación	5V – 20V
Consumo de corriente inactivo	50 μ A
Salida TTL	3,3V (H), 0V (L)
Tiempo de demora	5 ~ 200s (ajustable)
Rango sensible	~ 110° / 7 metros
Temperatura	-15 a 70°C
Dimensiones	32 x 24mm

Fuente: (Instructables, 2016)

Su principio de operación se basa en la detección de movimiento comparando la energía infrarroja radiada en reposo con la radiada por el cuerpo humano. El módulo HC-SR501 tiene 3 terminales de conexión +5V, *OUT* (3,3V) y *GND*. Consta además de dos resistencias variables de calibración (*Sx* y *Tx*) como se observa en la figura 3.11.

- *Tx*: con esta resistencia variable se puede establecer el tiempo que permanecerá activa la salida del sensor. Hasta un mínimo de 3s.
- *Sx*: esta resistencia variable permite establecer la distancia de detección entre 3-7m.

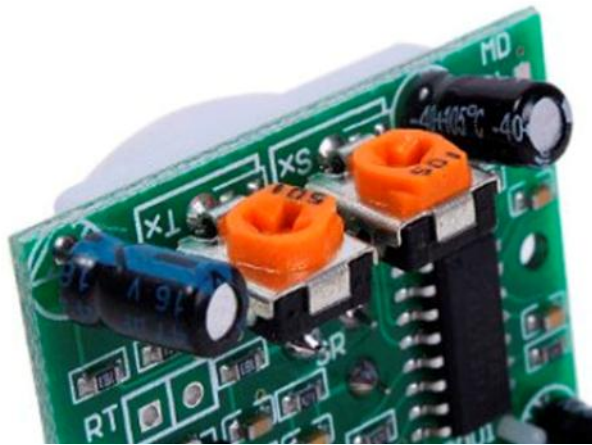


Figura 3.11. Potenciómetros para variar parámetros del sensor.

Fuente: (Instructables, 2016)

A través de un *jumper* se puede cambiar entre dos modos, uno de funcionamiento continuo u otro de repetición. En modo continuo, si el sensor detecta movimiento continuo mantendrá a la salida un valor constante. En el modo de repetición, el sensor se activará al detectar movimiento y volverá luego a su estado normal, si vuelve a detectar movimiento se volverá a activar y completará otro ciclo. El empleo del primer modo es ideal para encender luminarias cuando se detecte presencia de personas.

Con el propósito de adaptar el nivel del voltaje de salida del sensor de 0 a 3,3V a valores entre 0 y 5V de acuerdo a lo requerido por las entradas del Arduino, se diseñó el circuito de la figura 3.12. Su funcionamiento se basa en lo siguiente: al detectarse presencia de personas el sensor pone su salida en estado alto lo que provoca que se sature el transistor Q1, se active el optoacoplador, poniendo un nivel bajo (0V) en la entrada del Arduino; en caso contrario, Q1 estará cortado y en la entrada del Arduino se tendrá un nivel alto (5V). El LED D1 indicará si la salida del sensor está activa o no.

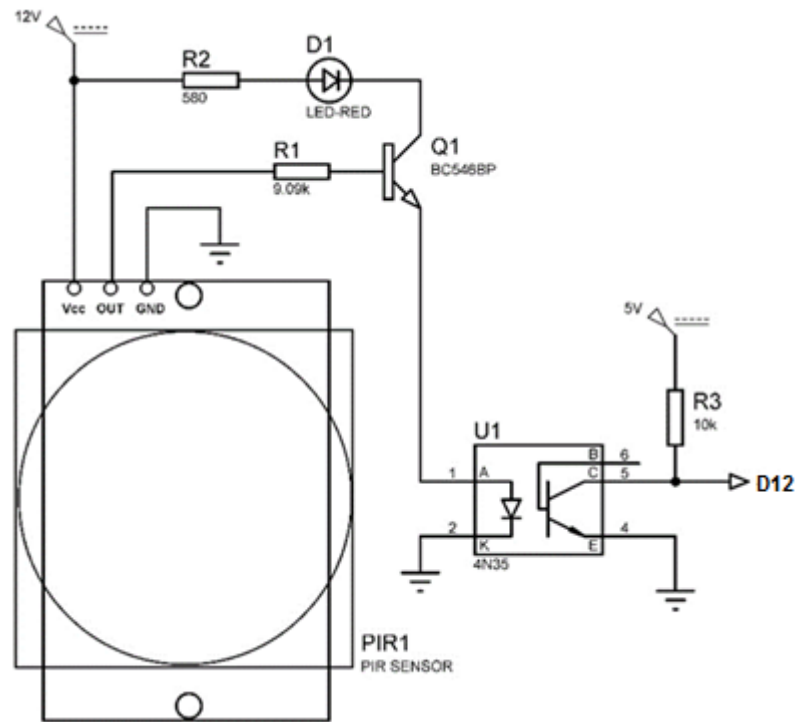


Figura 3.12. Circuito para adaptar el voltaje de salida del sensor PIR.

Elaborado por la autora

Es necesario garantizar que por el LED del optoacoplador circulen al menos 10mA, por lo que $I_{C_Q1} = 15mA$.

$$V_{cc} - V_D - V_{CE(sat)} - V_F = I_{C_Q1} \cdot R_2 \quad (3.12)$$

$$R_2 = \frac{12V - 2V - 0,3V - 1,2V}{I_{C_Q1}} \approx 567\Omega \quad (3.13)$$

Por lo que para R2 se tomó el valor de 580Ω. La corriente y resistencia de base se determinaron como se muestra a continuación:

$$I_{B_Q1} = \frac{I_{C_Q1}}{h_{FE(min)}} = \frac{15mA}{125} = 120\mu A \quad (3.14)$$

$$V_{out} - V_{BE(sat)} - V_F = R_B \cdot I_{B_Q1} \quad (3.15)$$

$$R_B = \frac{3,3V - 1V - 1,2V}{120\mu A} \approx 9,2k\Omega \quad (3.16)$$

El valor práctico más cercano a este es de 9,09kΩ.

3.6.2 Resistencia dependiente de luz GL5528

Para medir el nivel de iluminación y poder actuar en función de este, se utiliza la fotorresistencia GL5528. Consiste en una célula de Sulfuro de Cadmio (CdS), altamente sensible y encapsulada en resina epoxi transparente. Su valor resistivo disminuye con el aumento del nivel de iluminación de acuerdo a la curva que se muestra en la figura 3.13. Las principales características de la GL5528 se muestran en la tabla 3.5.

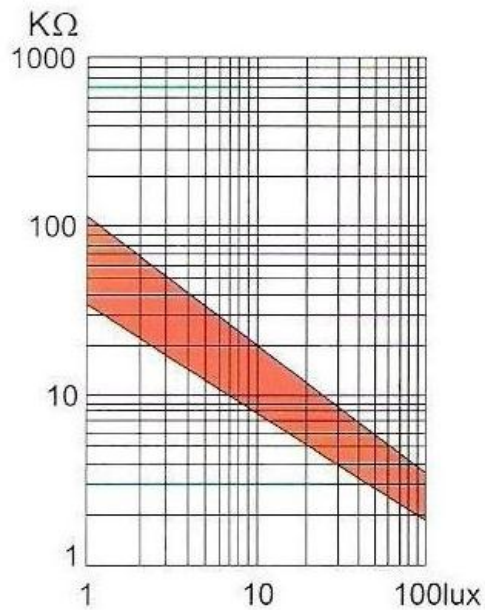


Figura 3.13. Característica Resistencia- Iluminación de la LDR GL5528.
Fuente: (Inven, 2017)

Tabla 3.5. Especificidades técnicas de la GL5528

Resistencia a 10 lux	8 ~ 20kΩ
Resistencia a 0 lux	1MΩ (mín.)

Valor gamma entre 10 y 100 lux	0,7
Disipación de potencia	100mW
Tensión máxima	150V DC
Temperatura	-30°C ~ 70°C
Respuesta espectral (Max)	540nm

Fuente: (Shenzhen Senba Optical & Electronic Co., Ltd., 2016)

El circuito que se muestra en la figura 3.14 acondiciona la tensión equivalente de la iluminación a los niveles requeridos por las entradas del Arduino.

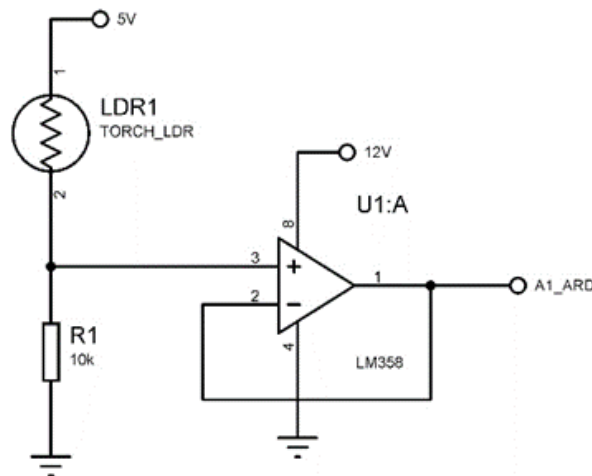


Figura 3.14. Resistencia dependiente de luz.

Elaborada por la autora

El amplificador operacional LM358 operando como seguidor de voltaje ofrece una alta resistencia de entrada y baja de salida evitando atenuaciones del voltaje a medir. Se estableció como criterio de diseño que un valor a la salida de 5V corresponde a un nivel de iluminación de 100%. Del procesamiento de la señal de salida de este circuito se derivan acciones relacionadas con el encendido y apagado de luces en exteriores y el establecimiento de una referencia para el circuito *Dimmer* que se explica a continuación.

3.6.3 Dimmer

Los *dimmers* son circuitos usados para variar la intensidad luminosa de uno o varios focos regulando el valor de la tensión eficaz suministrada a los mismos. La disminución de este valor se logra desconectándolos de la red por un intervalo de tiempo, que, para un mejor ajuste, se escoge desde el cruce por cero de la tensión alterna de la red eléctrica, hasta el momento deseado. Para lo cual se propone variar el ángulo de conducción de un TRIAC de modo que se controle la potencia que se le entrega al foco luminoso mediante la variación de la corriente promedio suministrada.

Por tanto, los pasos que se siguen en el procedimiento empleado para disminuir la potencia del foco luminosa consistirá en, detectar el cruce por cero, realizar una pausa y disparar un TRIAC, durante la pausa la luminaria permanece apagada, cuando el TRIAC se dispara se enciende y permanece encendida hasta que el voltaje pasa por cero apagando automáticamente al TRIAC.

Para el diseño del *dimmer* en la tarjeta de control diseñada, se implementaron las etapas de detección de cruce por cero de la señal de voltaje de la línea y la de potencia que controla el foco luminoso.

3.6.3.1 Detector de cruce por cero

El circuito que se propone para este detector se muestra en la figura 3.14. Se utilizó un transformador que reduce la tensión de la línea a 6V. Posteriormente se rectifica con el puente de diodos integrado KBP06, obteniéndose una señal que permite identificar fácilmente los cruces por cero. Una vez que la señal efectúe el cruce por cero, cuando la tensión instantánea de la señal rectificada exceda los 1,18V (valor típico, 1,5V máximo) excitará el LED del optoacoplador 4N35, que a su vez saturará a

su correspondiente fototransistor, por lo que en la entrada digital del Arduino D49 aparece 0V. Cuando el voltaje de la sinusoide tiene un valor instantáneo inferior a 1,18V, el LED no excitará al fototransistor y aparecerá un nivel de 5V en la entrada D49. De esta manera, se obtiene una señal que tendrá pulsos de 5V mientras la sinusoide tiene valores menores a 1,18V y el resto del tiempo 0V, informando al microcontrolador el cruce por cero.

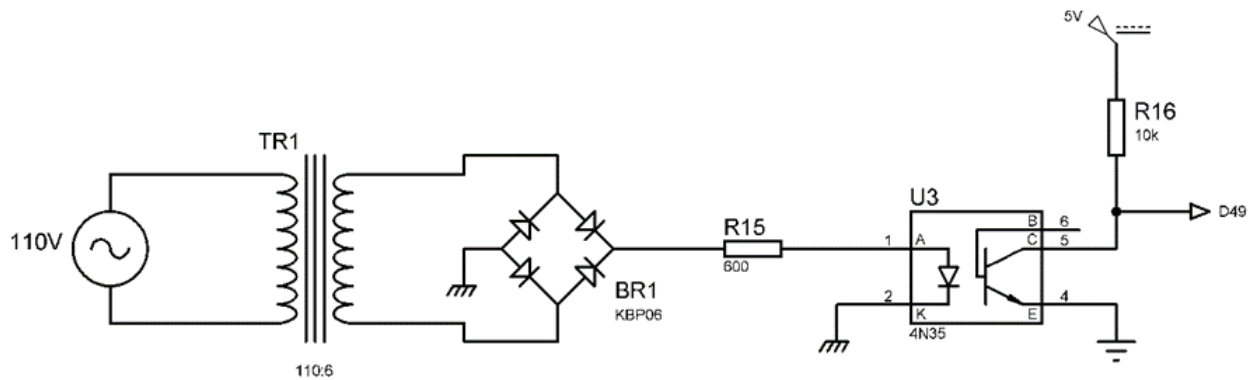


Figura 3.15. Detector de cruce por cero.

Elaborada por la autora

Para calcular el valor resistivo de R15, que es la encargada de limitar la corriente de entrada al optoacoplador, se consideró que el voltaje efectivo o *rms* (*root mean square*) en el devanado secundario del transformador es $V_{rms} = 6V$, por lo que el voltaje pico será

$$V_p = V_{rms} \cdot \sqrt{2} \approx 8,5V \quad (3.17)$$

Este voltaje al pasar por el rectificador disminuye en la siguiente proporción

$$V_{rectif} = V_p - 2V_D = 8,5V - 1,2V = 7,3V \quad (3.18)$$

Teniendo este valor se procede a calcular el valor de R15

$$R_{15} = \frac{V_{rectif} - V_F}{I_F} = \frac{7,3 V - 1,2 V}{10 mA} = 610\Omega \approx 600\Omega \quad (3.19)$$

La potencia que este resistor deberá disipar es de

$$P_{R15} = (V_{rectif} - V_F) \cdot I_F \quad (3.20)$$

$$P_{R15} = (7,3 V - 1,2 V) \cdot 10 mA = 0,061 W = 61 mW$$

3.6.3.2 Etapa de potencia para el control del nivel de iluminación

Con la obtención de cada pulso correspondiente a un cruce por cero de la tensión alterna de la red eléctrica, como señal de control, la medición del nivel de iluminación y su comparación con la referencia preestablecida, el Arduino controlará el ángulo de conducción del TRIAC MAC12N, utilizando el optoacoplador MOC3021 como se muestra en la figura 3.16. La señal de control se suministra por el terminal D41 del Arduino.

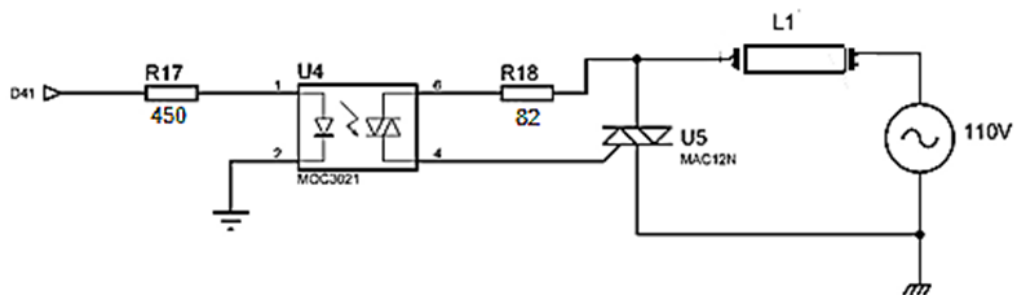


Figura 3.16. Etapa para el control del foco luminoso.

Elaborada por la autora

El valor resistivo de R17 se determinó mediante la siguiente expresión:

$$R_{17} = \frac{V_H - V_F}{I_F} = \frac{5V - 1,5V}{10 mA} = 450\Omega \quad (3.17)$$

Y para el valor de R18 se utilizó:

$$R_{18} = \frac{V_{TM} - V_{GT}}{I_{GT}} = \frac{1,8V - 0,78V}{13mA} \approx 78,5\Omega \quad (3.18)$$

Donde:

V_{TM} , (*Peak On–State Voltage*) voltaje necesario en las terminales del foto-DIAC del MOC3011, para que este conduzca (se dispare) la corriente eléctrica.

V_{GT} , (*Gate Trigger Voltage*) voltaje necesario en el terminal de compuerta (G) del TRIAC MAC12N, para que permita la conducción de la corriente eléctrica.

I_{GT} , (*Gate Trigger Current*) corriente aplicada a la terminal de compuerta (G) del TRIAC MAC12N necesaria para que este permita la conducción de la corriente eléctrica.

El valor obtenido para R18 es de 78,5Ω se ajustó a 82Ω que es el valor realizable más cercano.

3.7 Subsistema de confortabilidad



Figura 3.17. Diagrama del subsistema de confortabilidad.

Elaborada por la autora

Además de las facilidades de los subsistemas anteriormente propuestos que tributan al confort, en este acápite se hará referencia a una serie de automatismos que no fueron recogidos en los anteriores, como son la

gestión automática de cortinas, así como el control del llenado de agua a un depósito. La composición de este subsistema se muestra en la figura 3.17. Como se observa en dicha figura en él se emplean componentes que han sido mencionados con anterioridad, por lo que no se abundará sobre ellos.

3.7.1 Control automático de cortinas

La apertura o cierre de cortinas posibilita una mejor utilización de la luz solar y la adecuación de la temperatura del recinto. El empleo de sensores de temperatura, resistores dependientes de la luz (LDR), motores y diversos mecanismos permiten este control automático. En caso de que el nivel de iluminación aumente y la temperatura no sobrepase un umbral preestablecido, el microcontrolador ordena la apertura de las cortinas; por el contrario, si la iluminación disminuye o la temperatura aumenta, el microcontrolador ordena el cierre de las cortinas.

El actuador que se propone para la apertura o cierre es un motor paso a paso de 4 hilos de conexión y tensión de operación de 5V. Se caracteriza por permitir movimientos precisos en ambas direcciones.

En la tabla 3.6 se muestra la secuencia de activación seleccionada para accionar el motor de modo que brinde un funcionamiento que permita movimientos de las cortinas en 3 posiciones.

Tabla 3.6. Secuencia de activación para accionar el motor.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Elaborada por la autora

Se empleó como *driver* del motor el circuito integrado L293D. Este posee cuatro semi-puentes en H, compatibilidad TTL, permite el manejo de corrientes de hasta 600mA y voltajes entre 4,5V y 36V. La figura 3.18 muestra su conexión con el motor.

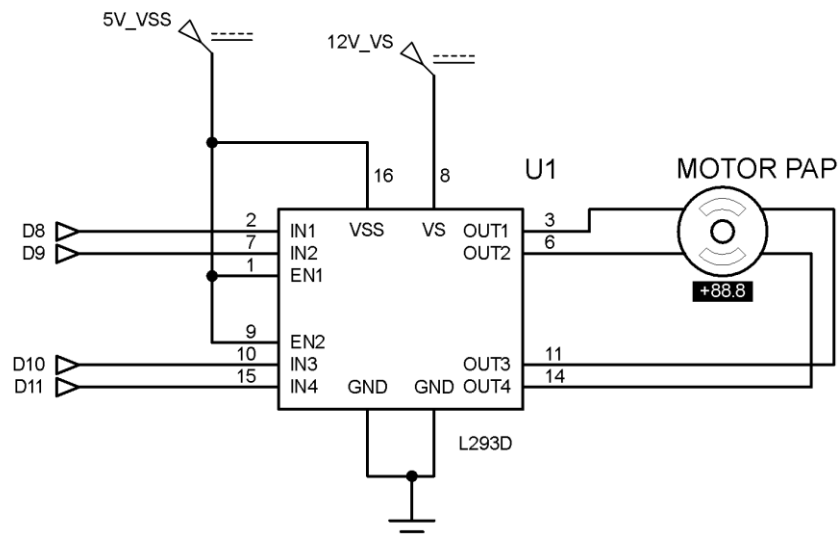


Figura 3.18. Motor paso a paso y driver para su control.

Elaborada por la autora

3.7.2 Control del nivel de agua en un depósito

Se recomienda su ubicación en la superior del depósito de manera que tal que el agua no llegue hasta él. Su función se basa en enviar al sistema de control información sobre la altura de la columna del líquido.

3.7.2.1 Sensor ultrasónico HC-SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04 (figura 3.19) emplea un sonar para determinar la distancia a la que se encuentra un objeto. Ofrece un excelente rango de detección con alta exactitud y lecturas estables en un encapsulado de fácil empleo. Integra un módulo con transmisor y receptor ultrasónico. Las características técnicas de este sensor se listan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Características técnicas del HC-SR04

Voltaje de alimentación	+5V
Consumo de corriente	15mA
Consumo de corriente inactivo	< 2mA
Ángulo efectivo	15°
Rango de alcance	2cm ~ 500cm
Resolución	0,3cm
Frecuencia de trabajo	40kHz

Fuente: (Alzate, 2010)

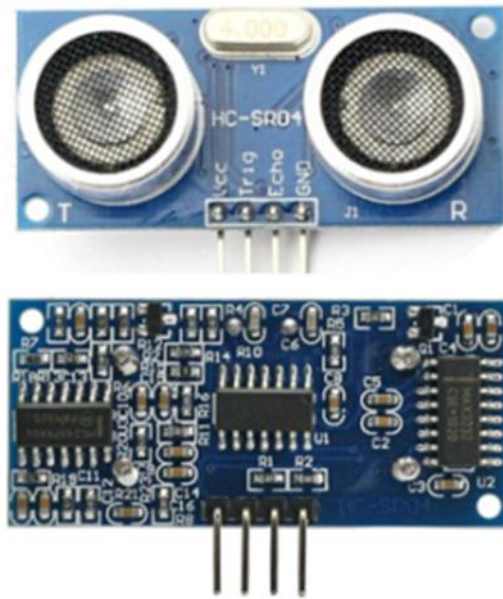


Figura 3.19. Sensor ultrasónico HC-SR04.

Fuente: (Alzate, 2010)

Operación del sensor

La carta de tiempo de este sensor se muestra en la figura 3.20. Cuando por la entrada *Trig* (de la palabra inglesa *Trigger*) o disparador se recibe un pulso de nivel alto de al menos $10\mu\text{s}$ de duración el módulo ultrasónico transmitirá 8 pulsos de 40kHz y esperará la señal de eco reflejada por algún objeto. Cuando se recibe, la salida *Echo* se mantendrá en alto un tiempo igual al tiempo que transcurrió entre el envío de la señal y la recepción del eco. Midiendo este tiempo se puede conocer la distancia a la cual se encuentra el objeto. El siguiente pulso puede ser transmitido cuando el eco ha desaparecido. Los terminales *Trig* y *Echo* irán conectados respectivamente a los terminales de A6 y A7 del Arduino Mega 2560.

La distancia (D) medida es proporcional al ancho del pulso de eco (W) y puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$D (cm) = \frac{W(\mu s)}{58} \quad (3.19)$$

Si no se detecta ningún obstáculo, el terminal de salida entregará una señal de 38ms en nivel alto.

Para el control del paso del agua se propone el uso de la electroválvula L282B01 que se muestra en la figura 3.21. Funciona con tensiones desde los 24VAC hasta 110VAC. Para su accionamiento desde el Arduino se utiliza el circuito actuador descrito anteriormente.

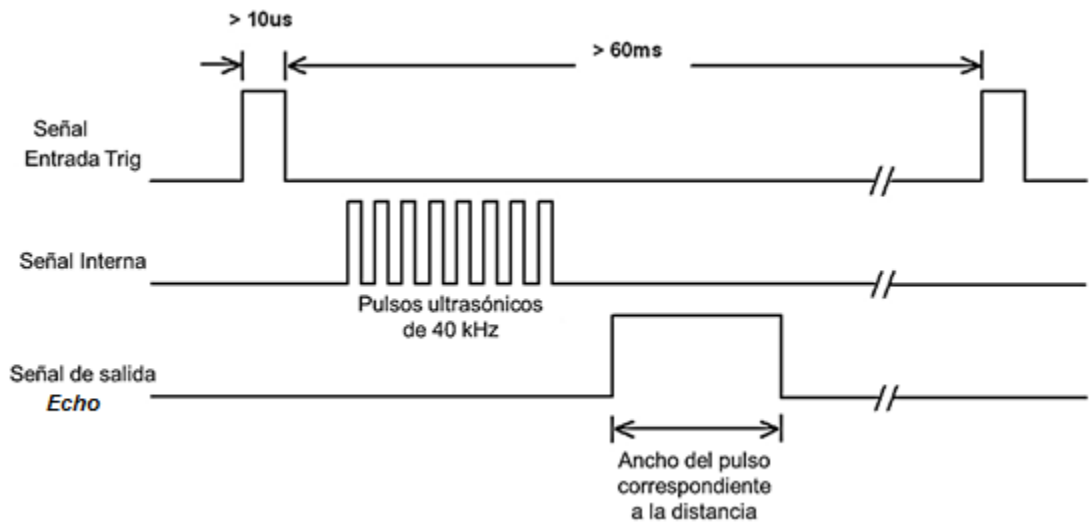


Figura 3.20. Carta de tiempo del sensor HC-SR04.
Fuente: (Alzate, 2010)



Figura 3.21. Electroválvula.

Fuente: (Direct Industry, 2017)

3.8 Subsistema de seguridad

El esquema general de este subsistema se muestra en la figura 3.22. Como agregado adicional cuenta con sensores magnéticos como los que se muestran en la figura 3.23 y los ya descritos sensores de presencia PIR. Con el uso de estos dispositivos se ofrece información de presencia en los distintos locales, así como del estado (abierto/cerrado) de puertas y ventanas, en los horarios que defina el usuario.

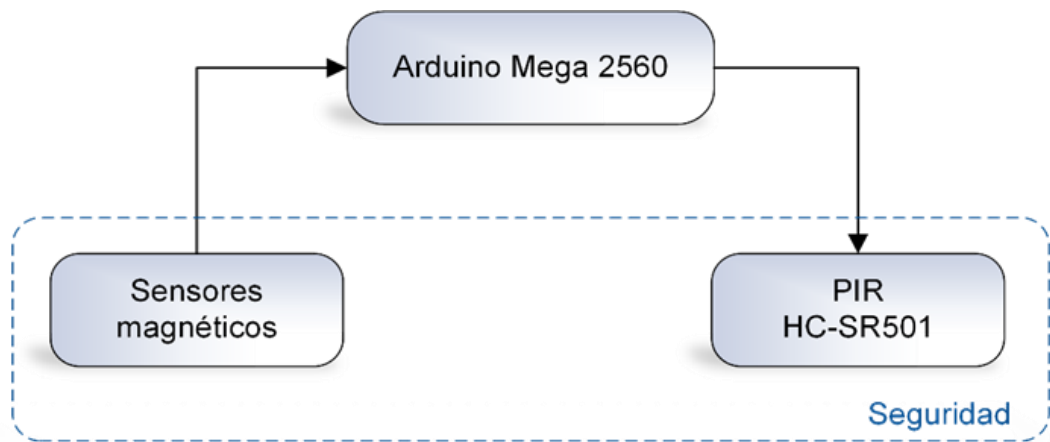


Figura 3.22. Diagrama del subsistema de seguridad.

Elaborada por la autora



Figura 3.23. Sensor magnético.

Fuente: (Productos Integra, 2017)

La conexión de los contactos magnéticos se muestra en la figura 3.24. Se emplean optoacopladores para aislar el voltaje de alimentación (12V), del terminal D47 del Arduino.

Cuando se detecta la apertura de la puerta o ventana asociada al sensor, se cierra su contacto (CM1) y aparecerá un nivel bajo en el terminal correspondiente del Arduino y se visualiza este estado en la interfaz de usuario.

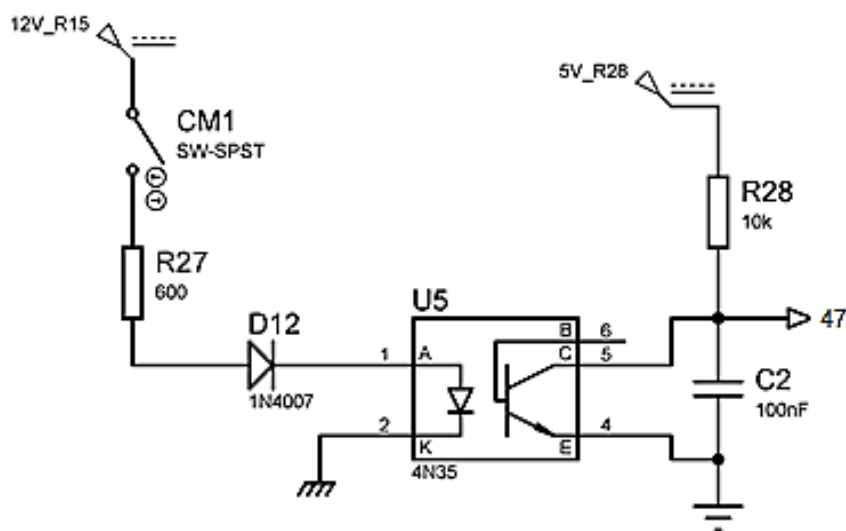


Figura 3.24. Circuito para la detección de puertas y ventanas abiertas.

Elaborada por la autora

La cantidad total de sensores magnéticos para proteger puertas y ventanas depende de la distribución de la vivienda y está limitada por la cantidad de puertos disponibles en el Arduino.

3.9 Interfaz de usuario

Para facilitar que el usuario configure los parámetros del sistema domótico de su preferencia se proponen dos interfaces, una utilizando un *display*

LCD y teclado y la otra una aplicación para *Smartphone* que permite un control a distancia. Las dos variantes se detallan en los sub-epígrafes siguientes.

3.9.1 Visualizador LCD y teclado (Variante 1)

La variante 1 de interfaz de usuario integra el LCD Hitachi HD44780 (de 4 líneas y 20 caracteres) al que se le ha añadido un controlador I2C con el objetivo de ocupar el menor número de terminales del controlador encargados de la transferencia de datos y direcciones; y 5 botones del tipo pulsadores que permiten el desplazamiento entre los distintos menús de configuración (figura 3.25).

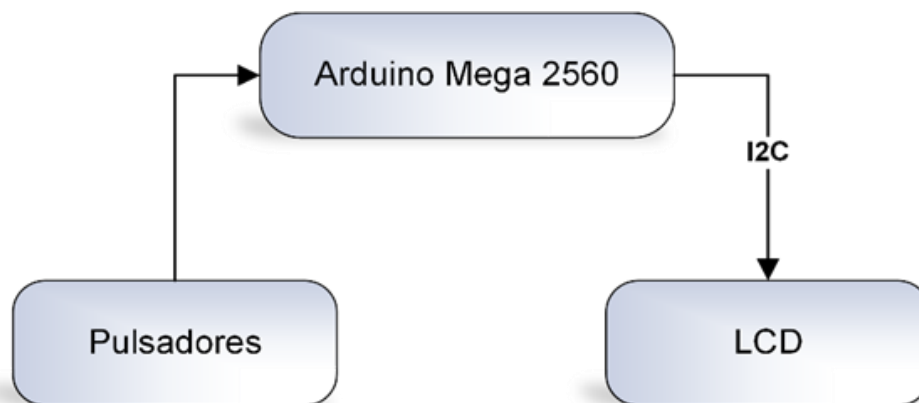


Figura 3.25. Diagrama de la variante 1 de interfaz de usuario.
Elaborada por la autora

LCD Hitachi HD44780

Las características técnicas más importantes del LCD Hitachi HD44780 se listan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Especificidades técnicas del LCD Hitachi HD44780

Voltaje de alimentación	2,7V ~ 5,5V
Consumo de corriente	200mA
Matrices de puntos	5 x 8 y 5 x 10
Display RAM	80 x 8 bit (80 caracteres máximo)
CGRAM	64 x 8-bit

Fuente: (Adafruit, 2016)

Como se mencionó anteriormente para la comunicación entre este LCD y el Arduino se emplea el controlador LCD I2C que incluye internamente el extensor de entradas/salidas de 8 bits para bus I2C PCF8574AT especialmente adaptado para este tipo de pantallas, ambos se muestran en la figura 3.26.



Figura 3.26.a) LCD 20x4 Hitachi HD44780, b) controlador I2C.

Fuente: (Adafruit, 2016)

Este controlador incorpora, además, un potenciómetro para regular el *backlight* del LCD y un *jumper* para activarlo o desactivarlo. En la figura 3.27 se muestra la interconexión entre el LCD y el controlador I2C.

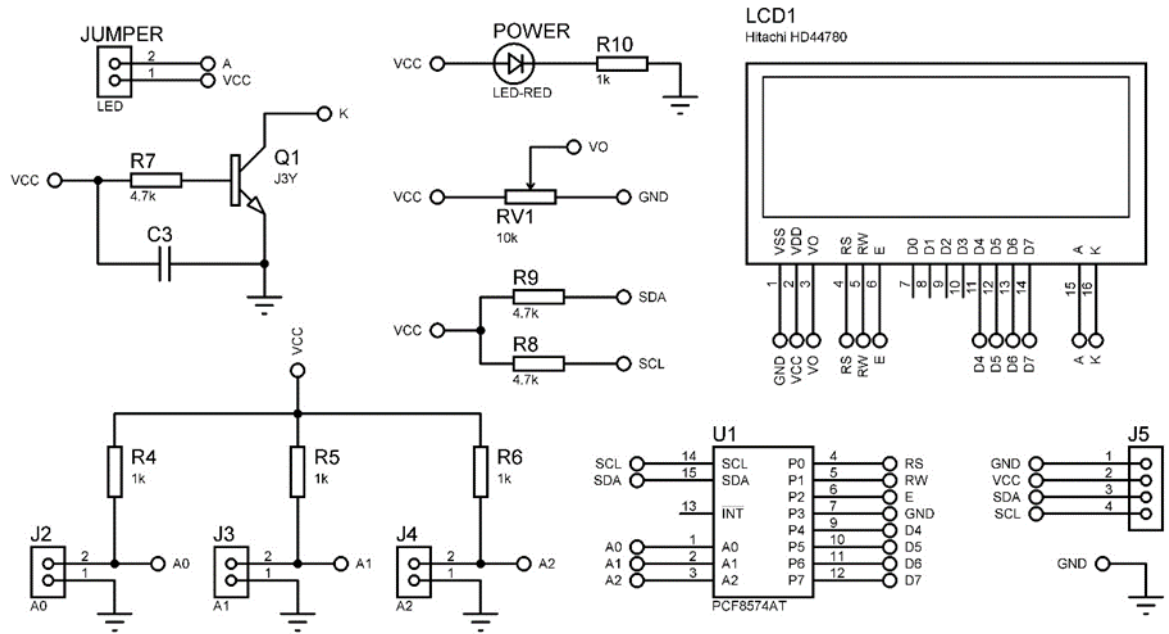


Figura 3.27. Interconexión entre el LCD y el controlador I2C.

Elaborada por la autora

Teclado

La interacción con los diferentes menús y submenús del sistema se realiza con 5 botones (Arriba, Abajo, Izquierda, Derecha y OK) que a su vez permiten incrementar o disminuir valores, desplazarse entre ellos y aceptarlos una vez configurados. Se debe tener claro que estos dispositivos físicos presentan un efecto rebote que interfiere con el uso de interrupciones y que es necesario eliminar.

El proceso de eliminación puede realizarse por *hardware* y por *software*. Este último tiene la ventaja de no requerir componentes adicionales, aunque incrementa levemente el tiempo de ejecución y la complejidad del código, por lo que se eligió el método de corrección por *hardware*, tal como se muestra en la figura 3.28.

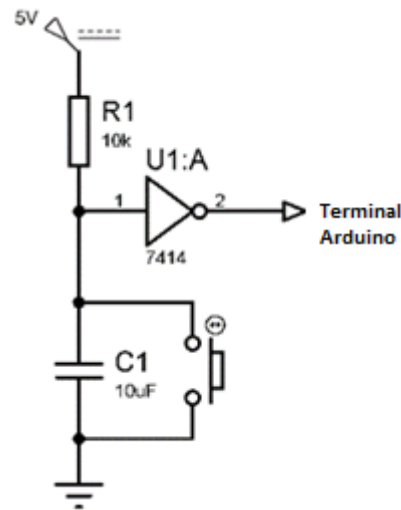


Figura 3.28. Configuración para eliminar el efecto rebote por hardware.

Elaborada por la autora

La combinación de la resistencia y el capacitor proporcionan una demora de

$$\tau = R \cdot C = 10k\Omega \cdot 10\mu F = 100ms \quad (3.20)$$

Tiempo suficiente para eliminar este efecto. Además, se emplea un inversor SN7414 que posee entradas *Schmitt-trigger*.

Los terminales del Arduino utilizados para el teclado se observan en la siguiente tabla 3.9

Tabla 3.9. Terminales del Arduino utilizados para el teclado

Función de la tecla	Terminal
Arriba	D5
Abajo	D6
Izquierda	D4
Derecha	D12
OK	D13

Elaborada por la autora

3.9.1.1 Alimentación Variante 1

La propuesta de la fuente de alimentación para esta variante se muestra en la figura 3.29. Se parte de una fuente primaria de 12V de DC y se obtienen los 5V necesarios para energizar el LCD y el circuito integrado SN7414 y los 3,3V que requiere el ESP8266.

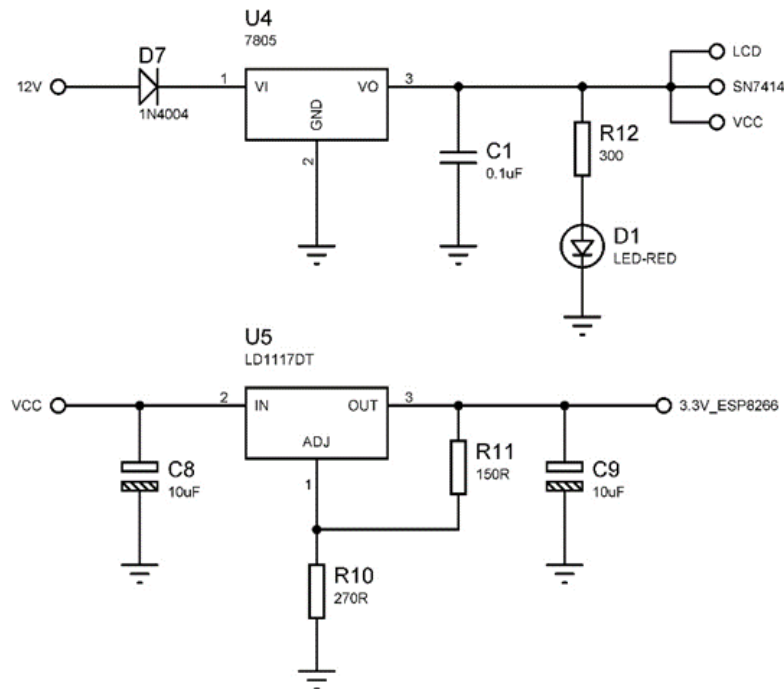


Figura 3.29. Circuitos para la alimentación de los componentes.
Elaborada por la autora

3.9.2 Acceso mediante el módulo WiFi ESP8266 (Variante 2)

La variante 2 de interfaz de usuario consiste en una aplicación para teléfonos inteligentes a través de la cual se accederá a configurar los parámetros de la tarjeta utilizando el módulo WiFi ESP8266 para Arduino.

3.9.3 Módulo ESP8266 modelo ESP-01

El módulo WiFi ESP8266 modelo ESP-01 es un transceptor inalámbrico en la banda de 2,4 GHz que posee el SoC (*System on Chip*) ESP8266EX de Espressif amplificador de potencia, amplificador receptor de bajo ruido y módulos para la gestión de filtros. Emplea un CPU RISC de 32 bits basado en el Tensilica Xtensa LX106 funcionando a 80MHz, una memoria ROM de 64kB, memoria RAM de instrucciones de 64kB y RAM de datos de 96kB. (ADDICORE). Todo ello en un diseño compacto dirigido a un uso eficiente de la alimentación y a un alto rendimiento en la industria del internet de las cosas.

Por defecto posee un *firmware* que permite manipularlo desde otro microcontrolador a través del puerto serie; puede reprogramarse usando el IDE de Arduino. La descripción de sus terminales se observan en la figura 3.30.

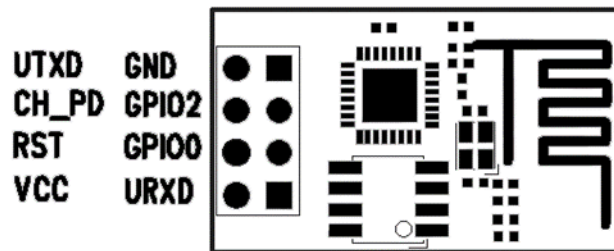


Figura 3.30. Descripción de terminales del ESP-01.

Fuente: (PROMETEC, 2016)

Especificaciones técnicas Módulo ESP8266 modelo ESP-01:

- ✓ Alimentación: 3,3V.
- ✓ Tolerancia de voltaje de entradas/salidas: 3,6V máximo.
- ✓ Consumo de corriente regular en operación: ~70mA
- ✓ Consumo de corriente pico en operación: ~300mA
- ✓ Consumo de corriente inactivo: <10µA
- ✓ Alcance máximo: 25m
- ✓ Soporta el protocolo 802.11 b/g/n

- ✓ Modos de seguridad WiFi: WAP, WAP2
- ✓ Velocidad del Serial/UART: 115200bps (la cual puede ser modificada a valores más bajos)
- ✓ Protocolo TCP/IP integrado
- ✓ Dimensiones: 24,75mm x 14,5mm

Programación y funcionamiento del módulo

Para la reprogramación del módulo mediante el IDE de Arduino se utilizó la versión 1.6.4 del *plugin* que posibilita prescindir de una placa Arduino para estos fines y usar comandos AT, La conexión al ordenador se realiza mediante un adaptador serie FTDI (*Future Technology Devices International*) (figura 3.31), interconectando sus terminales como se muestra en la figura 3.32.

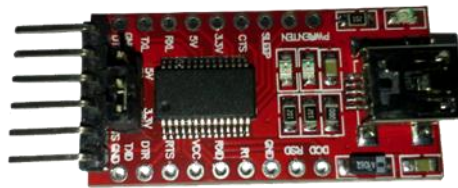


Figura 3.31. Adaptador serie FTDI232.

Fuente: Google imágenes

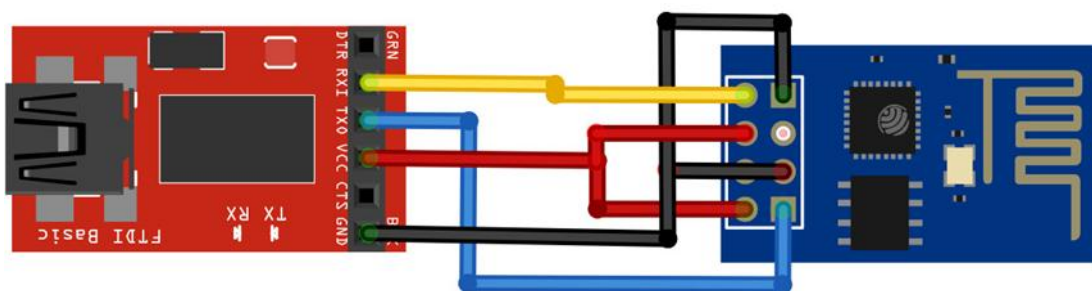


Figura 3.32. Conexiones entre el adaptador FTDI y el ESP8266.

Fuente: Programa Libre Fritzing

Se estableció como modo de trabajo para el ESP8266, el de punto de acceso (AP, *Access Point*), para permitir que diferentes dispositivos móviles se conecten a él e interactúen con la tarjeta.

Además, se configuró en este un servidor web que será el encargado del manejo de las peticiones que se realicen desde los dispositivos mencionados. En correspondencia con la petición realizada, el ESP enviará por el terminal UTXD un código al Arduino y este ejecutará la acción acorde a dicha petición, confirmándole con otro código al ESP que dicha acción fue realizada, esta confirmación la recibirá por el terminal URXD. Los terminales UTXD y URXD están conectados a los puertos TX1 y RX1 del Arduino respectivamente.

Para lograr un correcto intercambio de códigos entre Arduino y ESP8266, y garantizar la coexistencia de ambas vías de configuración de la tarjeta, el terminal GPIO2 del ESP se conectó al terminal D2 del Arduino, el cual además se encarga de la interrupción 0 (INT0). Una vez el ESP envíe un código, en GPIO2 se tendrá un pulso a nivel alto de 50ms de duración, el cual activará la interrupción INT0, que se configuró como “*RISING*”, o sea, que se activa con una transición de bajo a alto del voltaje que llega a dicho terminal. Dentro de la interrupción el Arduino tomará el código enviado y procederá como se explicó antes. El algoritmo de lo antes mencionado puede consultarse en el Anexo I.

3.10 Aplicación para *Smartphone* con sistema operativo Android

En pos de brindarle al futuro usuario de esta tarjeta una vía de control a distancia desde un terminal Android, se desarrolló una aplicación para teléfonos inteligentes que posean el mencionado sistema operativo. La aplicación o APK, como también se le conoce debido a la extensión del fichero, fue desarrollada en el IDE para la plataforma Android Studio en su versión 1.3. La aplicación es soportada por terminales que posean de la

versión 4.1.2 (API 16) en adelante, lo que cubre al 96.7% de los usuarios de la plataforma, la cual fue escogida por ser la más empleada entre los teléfonos actuales y otros dispositivos electrónicos.

3.10.1 Descripción general de la APK

Esta aplicación brinda la posibilidad de conectarse al AP creado por el ESP8266, mediante la inserción de la dirección IP que este posea y el puerto de escucha del servidor alojado en él. Desde la APK se tiene acceso a las mismas configuraciones a las que se pueden acceder mediante el visualizador. Al usuario realizar alguna configuración válida y al consultar algún parámetro, la APK enviará una petición GET que será procesada por el servidor web alojado en el ESP respondiendo en correspondencia a la acción realizada. El algoritmo de solicitud y respuesta puede observarse en el Anexo I y puede consultar el manual de usuario en el epígrafe 4.2.

3.11 Algoritmos de operación de la tarjeta

El microcontrolador Arduino Mega 2560 como elemento principal del sistema de control es el encargado de ejecutar diferentes tareas para el correcto funcionamiento de la tarjeta, junto al accionamiento de los diversos actuadores de manera inmediata cuando se les necesite. Todo ello requiere de un conjunto de instrucciones que permitan llevar a cabo dichas tareas, o de manera más técnica, requiere de un *firmware* o programa que gobierne físicamente el *hardware* de la tarjeta.

Algoritmo general del programa

En la figura 3.33 se muestra el algoritmo del firmware de manera general, aunque puede consultarse el Anexo II para ser analizado con más profundidad.

En la figura 3.33 se observa que luego de realizar las inicializaciones necesarias aparece la función principal del programa desde la cual serán invocados los demás métodos o funciones secundarias encargadas de verificar y modificar los parámetros relacionados a los distintos subsistemas. Además, en ella se comprueba el estado de los distintos sensores en dependencia de si están activadas o no las funcionalidades a las que están vinculados.

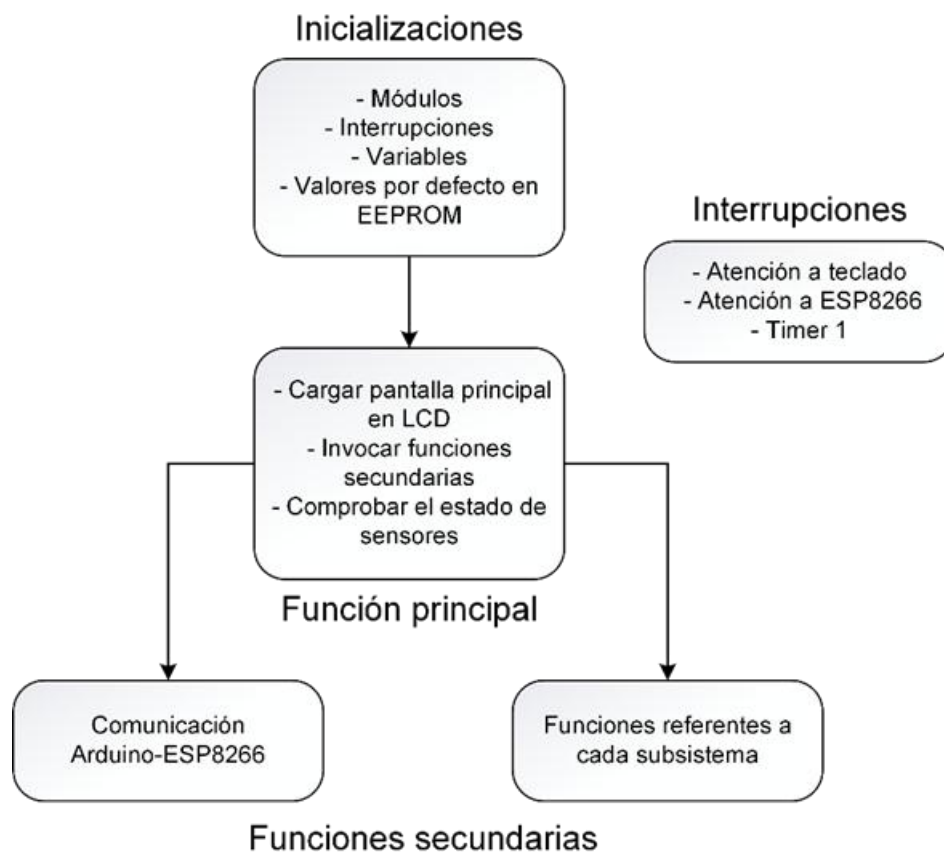


Figura 3.33. Algoritmo general del firmware del Arduino Mega 2560.

Elaborada por la autora

3.12 Atención a interrupciones

Para un óptimo desarrollo del programa se hace uso de interrupciones, tanto internas como externas. Internamente se emplea la interrupción de uno de los tres temporizadores (*Timers*) con que cuenta el Arduino Mega

2560, en este caso el *Timer1*, debido a que los restantes están estrechamente ligados al control de funcionalidades específicas tales como *delay()*, *millis()*, el control de servo-motores, entre otras. Se configuró para que la subrutina de atención a interrupciones de este temporizador se ejecute cada un segundo y se emplea para el conteo de intervalos de tiempos que no exceden los 3 minutos, destinados al apagado del visualizador, la visualización periódica de la temperatura en este y el ciclo de histéresis que controla el encendido del aire acondicionado.

Las interrupciones externas empleadas fueron la interrupción 0 (terminal 2) y la interrupción 1 (terminal 3), las cuales están dedicadas al envío de datos desde el ESP8266 y a la atención de los pulsadores, respectivamente. Ambas configuradas para activarse con un flanco de subida, para lo cual se empleó la función para interrupciones externas en el modo “*RISING*”:

3.13 Protocolo de comunicación ESP8266-Arduino

Con el objetivo de minimizar errores en la transmisión de datos a través de la comunicación serie establecida entre el módulo WiFi y el microcontrolador Arduino, se estableció un conjunto de códigos de 1byte, mostrados en la tabla 3.10, en lugar de enviar directamente las cadenas de texto recibidas desde la aplicación Android. En la comunicación del ESP8266 hacia el Arduino, el servidor web programado en el módulo inalámbrico procesa las mencionadas cadenas de texto, extrayendo de ellas los datos, los traduce al código establecido convirtiéndolos en datos de tipo entero y los envía al Arduino.

Tabla 3.10. Protocolo de comunicación ESP8266-Arduino

Formato de la cadena recibida (GET)	Dato extraído	Código enviado
intensitySET=70	lightLevel	60 + lightLevel/10

tempRangeSET=2527	tempMin	110 + tempMin
	tempMax	130 + tempMax
tempTimerSET=2315054	hourON	hourON
	hourOFF	25 + hourOFF
	minON	50 + minON/15
	minOFF	55 + minOFF/15

Elaborada por la autora

En los Anexo III y IV pueden consultarse los códigos restantes para ambos sentidos de la comunicación entre el Arduino y el ESP8266.

Bibliotecas empleadas

Debido a que se tienen elementos de *hardware* externos que interactúan con el microcontrolador se emplearon, además de bibliotecas estándar, bibliotecas específicas para estos, que extienden el ambiente Arduino y le confieren funcionalidades extras. Las bibliotecas empleadas se muestran en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Bibliotecas empleadas y su correspondiente función

Biblioteca	Función
<i>EEPROM</i>	Leer y escribir en la memoria EEPROM interna
<i>LiquidCrystal_I2C</i>	Controlar LCDs basados en el Hitachi HD44780 vía I2C
<i>RTClib</i>	Interactuar con el RCT DS1307
<i>Stepper</i>	Controlar motores PAP unipolares o bipolares
<i>SoftwareSerial</i>	Permitir la comunicación serie en otros terminales digitales.
<i>TimerOne</i>	Configurar el <i>Timer 1</i>
<i>Wire</i>	Comunicación con dispositivos I2C/TWI

Elaborada por la autora

3.14 Simulaciones

Se realizaron simulaciones de todo el sistema en el *software* de diseño asistido por computadora Proteus versión 8.3, permitiendo comprobar el correcto funcionamiento tanto del *firmware* como del *hardware* diseñado.

Señales obtenidas del *dimmer*

El simular las dos etapas del *dimmer*, se obtuvieron las señales que se muestran en la figura 3.34.

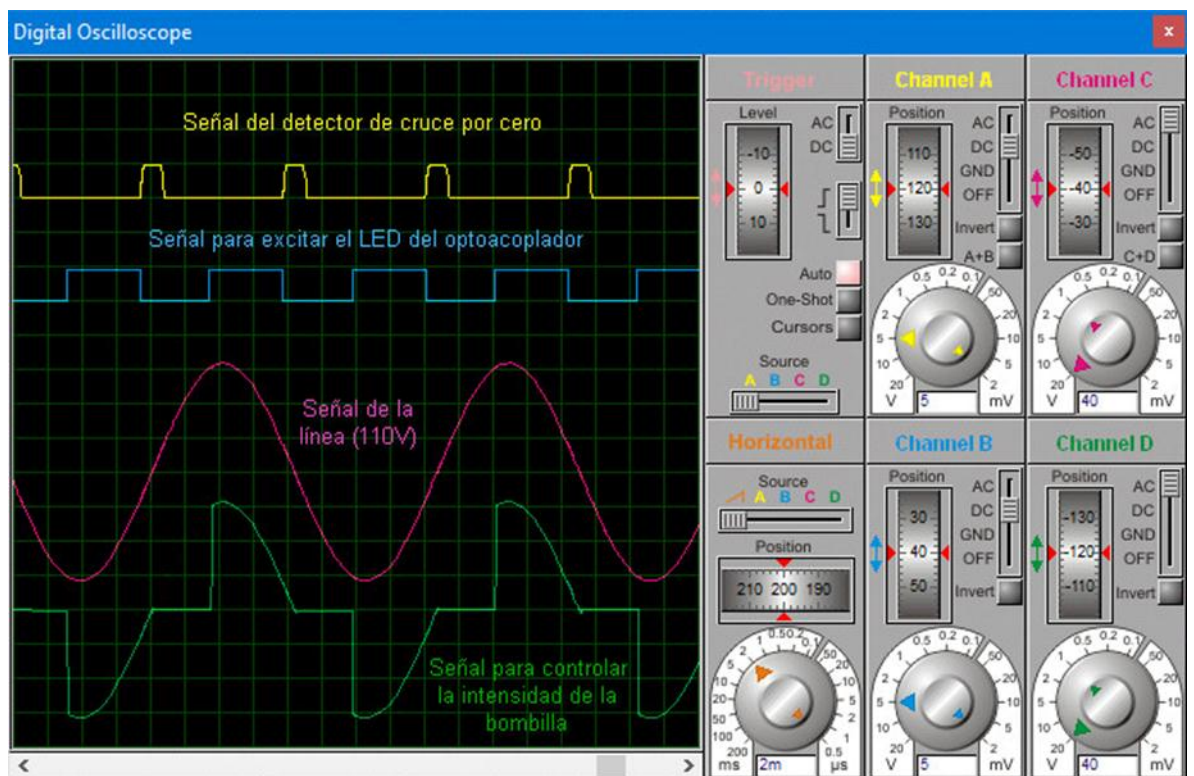


Figura 3.34. Señales del dimmer.

Elaborada por la autora

3.14.1 Menús y submenús de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario cuenta con la información inicial, un menú de configuraciones y submenús. La información inicial facilita la temperatura del local y fecha y hora actuales. La simulación obtenida de los distintos menús y submenús puede apreciarse en la figura 3.35.



Figura 3.35. a) Pantalla Principal, b) Menú configuraciones, c) Submenú Climatización, d) Submenú Luminarias y e) Submenú Seguridad.

Elaborada por la autora

Las simulaciones realizadas a partir del diseño trazado inicialmente corroboraron el correcto funcionamiento de la tarjeta hasta esta etapa y en algunos casos propiciaron la detección y corrección de pequeñas imperfecciones. La realización de lo anteriormente planteado dio paso a la última etapa, la implementación o puesta a punto de la tarjeta, que se abordará en el siguiente capítulo.

CAPITULO 4 . Implementación de la tarjeta de control

En este capítulo se describirá la implementación de la tarjeta de control para lo cual se empleará la herramienta Ares de Proteus 8.3.

4.1 Implementación electrónica

A continuación, se muestra la implementación de cada una de las tarjetas que en su conjunto conforman la tarjeta de control. Todos los circuitos impresos fueron diseñados en la herramienta Ares de Proteus 8.3.

4.1.1 Tarjeta escudo para Arduino

En aras de lograr versatilidad y modularidad, se construyó la tarjeta escudo para Arduino que se muestra en la figura 4.1. Esta estructura facilita las interconexiones entre el sistema de control y los distintos subsistemas o módulos, a lo que se le suma un conector para el RTC DS1307 que va acoplado a este escudo.

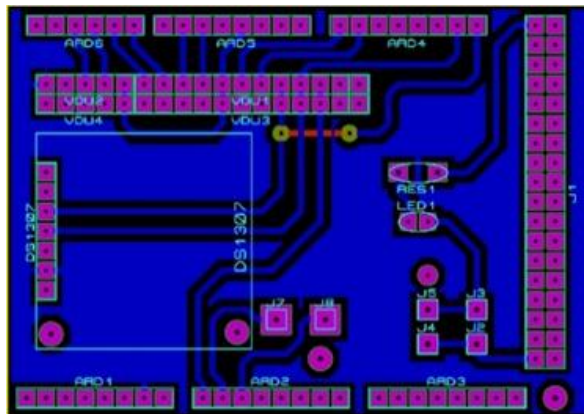


Figura 4.1. Circuito impreso de la tarjeta escudo

Elaborada por la autora

La construcción física de la tarjeta escudo se muestra en la figura 4.2.

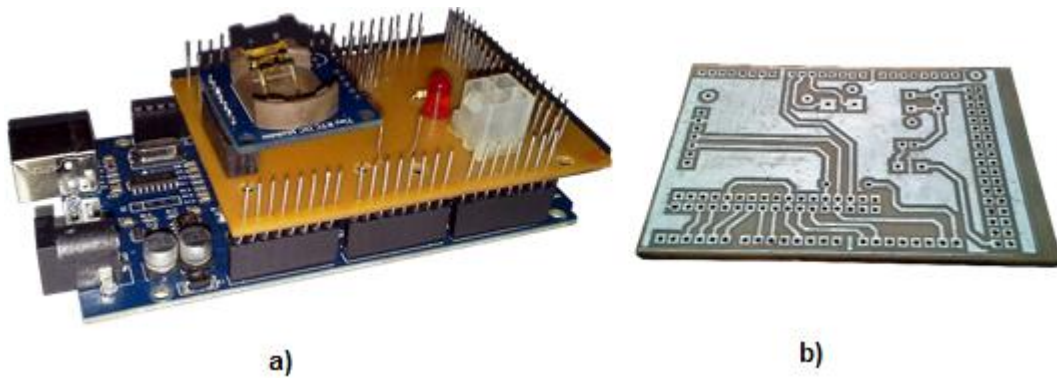


Figura 4.2. Tarjeta escudo: a) acoplado al Arduino, b) parte inferior sin ningún elemento soldado.

Elaborada por la autora

El LED que se aprecia en el montaje se emplea para indicar que la placa Arduino está alimentada, y el conector de cuatro terminales para los circuitos que requieren la misma referencia a tierra del Arduino.

4.1.2 Tarjeta de activación de actuadores

Los actuadores requieren para su operación del trabajo con tensiones y corrientes elevadas, lo que redundaría en un consumo considerable de potencia, por tales razones se construyó la tarjeta que se muestra en la figura 4.3 donde se ubicaron los relevadores electromagnéticos, optoacopladores y el resto de los componentes necesarios para el control de estos. Permite un máximo de 6 actuadores con posibilidad de expansión para la implementación de sistemas domóticos que así lo requieran.



Figura 4.3. Tarjeta de activación de actuadores.
Elaborada por la autora

El diseño del circuito impreso de esta tarjeta es el que se muestra en la figura 4.4.

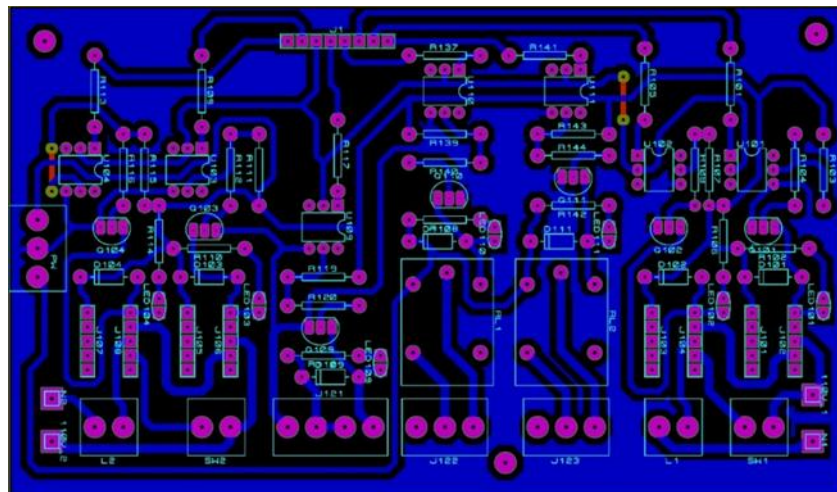


Figura 4.4. Circuito impreso de tarjeta de activación de actuadores.

Elaborada por la autora

4.1.3 Tarjeta interfaz de sensores con el Arduino

En la figura 4.5 se muestra la tarjeta interfaz implementada para los circuitos de adecuación de niveles de los sensores magnéticos y de presencia empleados. La realización de su circuito impreso se muestra en la figura 4.6.

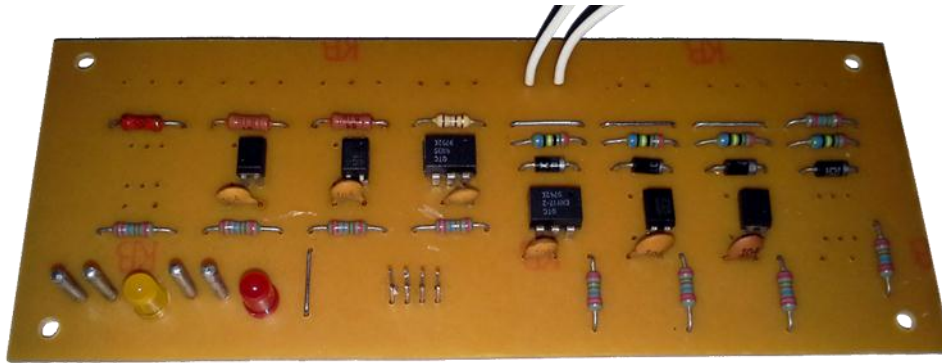


Figura 4.5. Tarjeta interfaz de sensores con el Arduino.

Elaborada por la autora

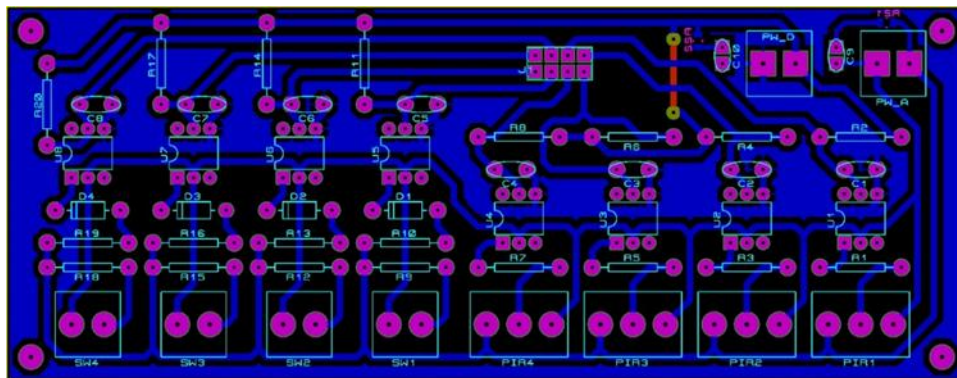


Figura 4.6. Circuito impreso de tarjeta interfaz de sensores con el Arduino.

Elaborada por la autora

Para el caso de los sensores PIR empleados, se realizó la tarjeta que se muestra en la figura 4.7. El diseño de su circuito impreso se muestra en la figura 4.8. Se le añadió un LED que indica la operación del sensor y otro que indica si está alimentado o no.



Figura 4.7. Tarjeta para sensores PIR HC-SR501.

Elaborada por la autora

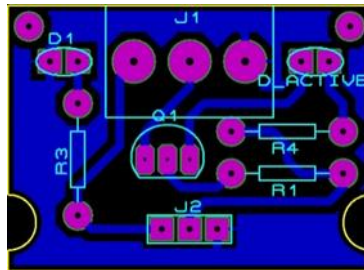


Figura 4.8. Circuito impreso de tarjeta para sensores PIR HC-SR501.

Elaborada por la autora

4.1.4 Visualizador

La tarjeta implementada para el visualizador se muestra en la figura 4.9. En esta además se ubicaron los circuitos de acondicionamiento de señal de los sensores de temperatura LM35 y los circuitos de alimentación del LCD y del módulo ESP8266 y tres conectores que permiten la adición de los pulsadores, del módulo WiFi y la interconexión de este conjunto al Arduino respectivamente. El diseño de su circuito impreso se muestra en la figura 4.10

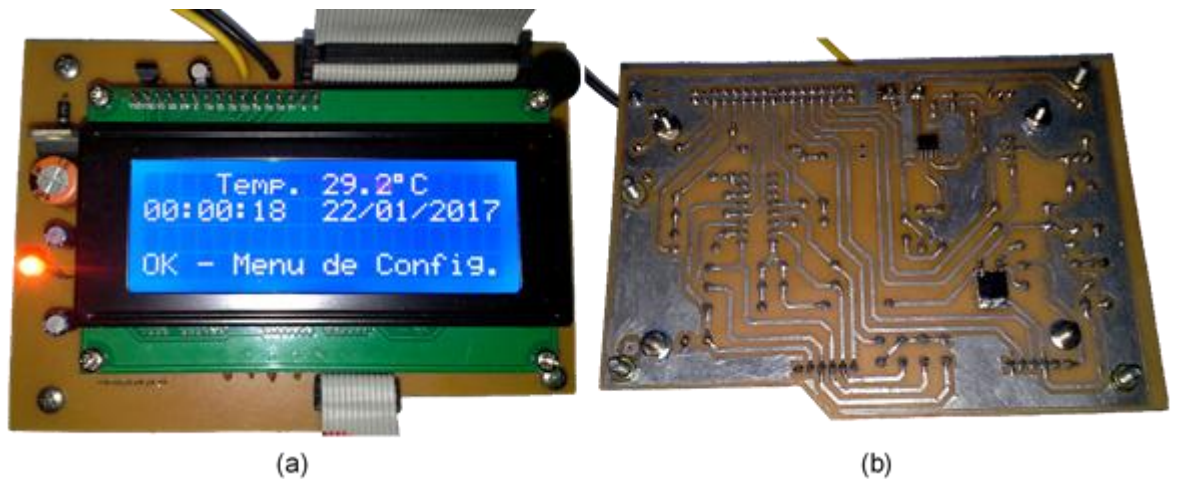


Figura 4.9. Tarjeta del visualizador: a) vista superior y b) vista inferior.
Elaborada por la autora

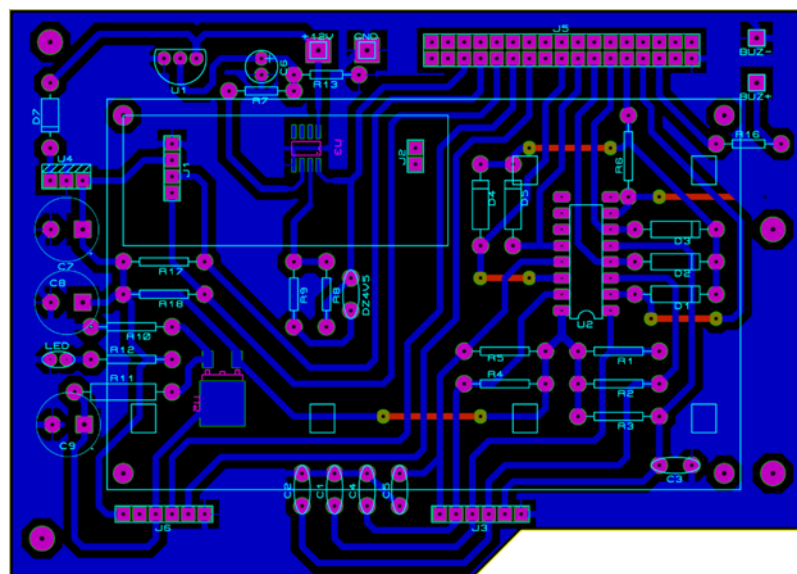


Figura 4.10. Circuito impreso del visualizador.
Elaborada por la autora

4.1.5 Adaptador para ESP8266

Debido a que este módulo opera con tensión de 3,3V y necesita para su reprogramación de una serie de niveles de voltaje (explicado en el capítulo anterior) se realizó el circuito impreso de la figura 4.11

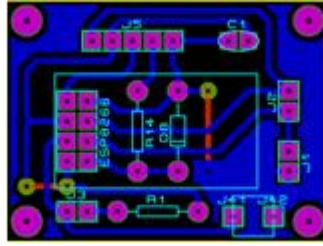


Figura 4.11. Circuito impreso para ESP8266.

Elaborada por la autora

Una vez implementado este circuito impreso se obtuvo la tarjeta que se muestra en la figura 4.12.

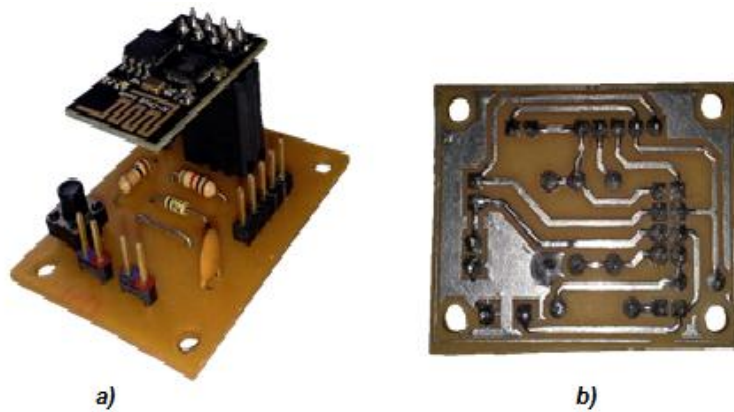


Figura 4.12. Montaje del circuito para ESP8266: a) Vista superior y b) vista inferior

Elaborada por la autora

4.2 Manual de Usuario

A continuación, se describen las instrucciones para la utilización de la tarjeta y cómo se configuran los diferentes parámetros de esta.

4.2.1 Configuración a través del LCD

En el Anexo V se muestran cada una de las capturas del LDC para la secuencia de pasos que sigue a continuación:

- Inicialmente el visualizador mostrará la pantalla principal, en ella se puede apreciar la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ del local donde este se encuentre y en la segunda línea se tienen la hora y la fecha. Por último, “OK – Menú de Config.” le indica al usuario que presionando la tecla OK puede acceder al menú de configuración.
- Una vez dentro del menú de configuración, el usuario puede desplazarse en este mediante las teclas ARRIBA y ABAJO. Se accede a cada una de las opciones presionando la tecla OK. Para salir del menú basta con desplazarse hasta la opción “Salir” y automáticamente se mostrará la pantalla principal.
- La primera de las opciones es la relacionada con la **Climatización**, en ella se tienen tres opciones, entre las cuales el usuario se puede desplazar como se explicó anteriormente. Estas tres opciones son:
 - a. **Rangos**: Permite establecer la temperatura mínima y máxima que se desea. Presionando la tecla OK en esta opción se podrá habilitar/deshabilitar esta función. Al presionar OK, estando deshabilitada se regresa a las opciones de Climatización; en caso contrario, en una nueva pantalla se muestra la temperatura actual, y las temperaturas mínima y máxima configuradas anteriormente, o por defecto serán 25 y 27°C , respectivamente. Haciendo uso de las teclas IZQ y DER se puede seleccionar la temperatura a modificar mediante las teclas ARRIBA y ABAJO. Luego de establecer las temperaturas deseadas, se presiona OK para guardar estos valores y se regresa a las opciones de Climatización. La diferencia mínima entre las temperaturas es de 2°C .
 - b. **Temporizador**: Permite establecer la hora de encendido y apagado del acondicionador de aire. Similar al caso anterior, una vez seleccionada la opción, presionando la tecla OK se podrá habilitar/deshabilitar esta función. Al presionar OK, estando deshabilitada se regresa a las opciones de Climatización; en caso contrario, en una nueva pantalla se

muestra el rango configurado anteriormente, o por defecto serán 23:00 y 06:00, para la hora de encendido y apagado respectivamente. Con las teclas IZQ y DER se realiza la selección de las horas, y su modificación es a través de las teclas ARRIBA y ABAJO. Luego de establecer el rango deseado cuya diferencia mínima es de 30min, se presiona OK para guardar estos valores y se regresa a las opciones de Climatización nuevamente.

- c. **Estado de Equipo:** Informa si el acondicionador de aire está encendido o no.
- La segunda opción es **Luminarias**, brinda tres opciones, entre las cuales el usuario se puede desplazar como se explicó anteriormente. Estas tres opciones son:
 - a. **Modo de operación:** Permite la elección del modo en que operarán las luminarias, Automático o Manual. En el modo automático las luminarias se encenderán cuando haya personas en el local y se apagarán transcurrido un minuto luego de estas retirarse, deshabilitando los interruptores convencionales. Por otra parte, como su nombre lo indica el modo manual, permitirá el encendido y apagado manual de las luminarias con los interruptores convencionales. La elección se realiza mediante las teclas IZQ y DER y se confirma presionando OK, regresando a las opciones de Luminarias.
 - b. **ON/OFF Remoto:** Facilita el encendido remoto de luminarias. Mediante las teclas ARRIBA y ABAJO el usuario se puede desplazar entre las diferentes habitaciones en la que desea encender las luminarias, y con las teclas IZQ y DER establecer una “equis” (X) si desea apagarla o un “check” (✓) para encenderlas. La confirmación se realiza presionando OK, con lo cual se regresa a las opciones de Luminarias.
 - c. **Exteriores:** Informa el porcentaje de intensidad luminosa en exteriores y permite el encendido de las luminarias externas por

debajo de un porcentaje configurable mediante las teclas IZQ y DER, y aceptándolo presionando OK, y como en los casos anteriores se regresa a las opciones de Luminarias.

- La opción **Seguridad**, contiene 2 posibilidades:
 - a. **Puertas/Vent.:** Informa el estado de las puertas y ventanas, abierta lo simboliza con una (A) y cerrada con una (C). Para regresar a las opciones de Seguridad se presiona OK.
 - b. **Personas en...:** Informa si hay personas o no en las distintas habitaciones. En caso que hayan personas se imprime un “*check*” (✓), de lo contrario imprime una “*equis*” (X). Para regresar a las opciones de Seguridad se presiona OK.
- **Modificar Fecha y Hora**, como lo indica su nombre permite la configuración de estos parámetros. Las teclas IZQ y DER permiten seleccionar cada uno de las partes de estas (HH:MM DD/MM/AAAA), las que estarán subrayadas cuando se esté configurando mediante las teclas ARRIBA y ABAJO. Una vez se haya configurado, se presiona OK para confirmarlas.
- En cada una de las pantallas, transcurridos 30s de inactividad el LCD se apagará. Presionando la tecla OK se enciende nuevamente y visualizará la pantalla principal.
- Con el objetivo de proteger el equipamiento de climatización, una vez que el aire acondicionado se apague tendrá que esperarse como mínimo 3min para volverlo a encender.

4.2.2 Configuración mediante la aplicación para *Smartphone*

La aplicación permite acceder a las mismas configuraciones, con la ventaja del acceso a distancia.

En el Anexo VI se muestra una captura de cada una de las pantallas de la APK desarrollada.

- Al abrir la aplicación se tiene la **Pantalla Principal**. En esta se puede ingresar la dirección IP del módulo WiFi y el puerto de escucha de este. Para comprobar si los datos que han sido insertados corresponden con el módulo empleado, se tiene el botón “Verificar conexión”. Una vez presionado este, aparecerá en pantalla un mensaje con el texto “Usted está conectado” en caso de ser correctos los parámetros insertado de lo contrario aparecerá “Conexión rechazada”. En esta misma pantalla se tienen tres botones adicionales que posibilitan las configuraciones referentes a climatización, luminarias y seguridad, junto a otros dos botones: “Ayuda” y “Acerca de”.
- **Climatización:** Se accede presionando el botón del mismo nombre. En esta pantalla se tiene información del valor de temperatura en °C y se pueden configurar:
 - a. **Rango de Temperatura** que se desea del local. Para ello, es necesario activar esta función mediante el botón tipo *switch* que se encuentra a la derecha, una vez activado se podrán modificar los valores mínimo y máximo de temperatura a través de los botones encima de cada temperatura, de lo contrario el botón “Aceptar” estará bloqueado, este permite el envío de los parámetros una vez se hayan configurado. La diferencia mínima entre las temperaturas es de 2^o C.
 - b. **Temporizador:** Permite establecer la hora de encendido y apagado del acondicionador de aire. Como en el caso anterior se dispone de un botón tipo *switch* que se encuentra a la derecha para activar esta función. Estando activa se pueden configurar la hora de encendido y la de apagado y luego presionar el botón aceptar para enviar dichos datos. La diferencia mínima de este rango es de 30min.
 - c. **Estado de dispositivos:** Informa si el acondicionador de aire está encendido o no. Para la condición de encendido el

ícono que aparece estará de color azul y si está apagado estará de color gris. Se dispone de un botón para actualizar este estado, aunque una vez que se ingrese a esta pantalla este estado se actualizará automáticamente.

- **Luminarias:** Al presionar el botón “Luminarias” se accede a una pantalla en la cual se tiene tres botones de tipo *switch*, el primero para la activación/desactivación del modo automático del encendido de las luminarias, en caso de estar activado los otros dos botones estarán desactivado; estos botones permiten el encendido/apagado de las luminarias 1 y 2 respectivamente. Además, se tiene la intensidad luminosa que hay en exteriores expresada en porciento y se puede establecer el porciento por debajo del cual se enciendan estas luminarias, este valor está en el rango de 10% a 90%, con un aumento/disminución de 10% a la hora de desplazar el cursor de la barra de intensidad. Una vez seleccionado este porciento debe presionarse el botón “Aceptar” para enviar este dato.
- **Seguridad:** Al acceder a esta pantalla se observa información acerca del estado de puertas y ventanas y en qué habitaciones hay personas. En el apartado de puertas y ventanas, cuando se detecta alguna abierta se visualizará un ícono de color rojo con un candado abierto, en caso de estar cerrada se visualizará un ícono de color verde con un candado cerrado. Para la información de presencia de personas, en caso de existir se visualizará un ícono de color azul y en caso contrario un ícono de color verde. También se tiene el botón “Actualizar” que refresca el estado de los íconos anteriores.
- **Ayuda:** Contiene información referente a cómo utilizar la aplicación.
- **Acerca de:** Contiene información del creador de la aplicación.

4.3 Requerimientos para el uso de la tarjeta

La tarjeta de control implementada permite soportar:

- ✓ Cuatro contactos magnéticos alimentando el lazo con 12V DC.
- ✓ Cuatro sensores PIR que a su salida entreguen 12V DC.
- ✓ Un sensor foto-resistivo (LDR) acoplado a un módulo alimentado con 12V DC.
- ✓ Un sensor de temperatura acoplado directamente a la placa del visualizador.
- ✓ Un sensor ultrasónico de 5V DC.
- ✓ Cableado calibre 18 a una distancia máxima de 15m desde la tarjeta.
- ✓ Cuatro salidas con relevador electromagnético que posibilitan el manejo de hasta 250V AC/10A.
- ✓ El consumo máximo de potencia derivado de cada luminaria debe ser de 30W.
- ✓ Las luminarias a ser empleadas en el *dimmer* deben ser de tipo LED.
- ✓ La distancia máxima a la que se puede acceder al sistema vía WiFi es de 25m entre el terminal y el módulo, sin obstáculos significativos en este trayecto.

4.4 Valoración económica

El costo de los sistemas domóticos en el mercado internacional es bastante elevado, según el estudio realizado en el Capítulo 1 de este trabajo los precios oscilan entre 250€ (sistemas limitados a brindar una función extremadamente básica) y 36000€ dependiendo del nivel domótico que se desee desplegar. A continuación, se relacionan los componentes utilizados y el precio correspondiente en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Valoración económica.

Componente	Cantidad	Precio (USD)	Total (USD)
Arduino MEGA 2560	1	40,00	40,00
LCD Hitachi HD44780 + controlador I2C	1	5,00	5,00
Módulo TinyRTC	1	3,24	3,24
ESP8266 ESP-01	1	4,50	4,50
Sensor ultrasónico HC-SR04	1	1,98	1,98
Sensor PIR HC-SR501	4	1,10	4,40
Contacto magnético	4	1,40	5,60
Sensor de temperatura LM35	1	3,00	3,00
LM358	2	0,44	0,88
SN7414	1	0,70	0,70
LDR GL5528	1	0,32	0,32
Optoacoplador 4N35	9	0,66	5,95
Optoacoplador PC817	6	0,40	2,40
Regulador de voltaje LD1117A	1	0,95	0,95
Regulador de voltaje LM7805	1	0,80	0,80
Relé 5V (125VAC/0.5A)	4	0,25	1,00
Relé 12V (250VAC/10A)	2	0,63	1,26
Resistencias	50	0,05	2,50
Diodo 1N4005	12	0,20	2,40
LED	10	0,15	1,50
Transistores	8	0,25	2,00
Capacitores electrolíticos	4	0,16	0,64
Capacitores de cerámica	14	0,10	1,40
Placa de circuito impreso	1	7,50	7,50
Total	-	-	99.92

Elaborada por la autora

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El estudio y caracterización de los sistemas domóticos permitió, de acuerdo a los recursos de *hardware* disponibles, la correcta elección del conjunto de prestaciones a ofrecer.
- Se demostró que la plataforma Arduino puede emplearse satisfactoriamente para el control de sistemas domóticos, dotándolos de *hardware* libre y *software* de código abierto.
- Se logró un diseño modular, tanto en *software* como en *hardware*, que de acuerdo a la selección que realice el usuario, las prestaciones pueden estar dirigidas al control y gestión de la climatización y las luminarias, junto otras facilidades relacionadas al confort y la seguridad.
- Se comprobó que los algoritmos planteados están en correspondencia a la arquitectura elegida para el sistema.
- La simulación en Proteus 8.3 de cada uno de los circuitos eléctricos de los subsistemas y las mediciones efectuadas en la implementación, corroboraron el correcto funcionamiento de los mismos.
- El desarrollo de una aplicación para sistema operativo Android, se ejecutó de manera exitosa tanto en un *Smartphone* como en una *Tablet* y dotó a la unidad de una vía (inalámbrica) más atractiva y comfortable de interacción con el usuario.
- La recepción de datos por medio del módulo WiFi del Arduino se realizó de manera correcta, así como el procesado de los datos recibidos y la ejecución de las instrucciones correspondientes del controlador.

- Se logró una variante más económica que las existentes en el mercado propiciado de esta forma un mayor acceso a esta tecnología.

Recomendaciones

- Implementar la parte mecánica asociada al *hardware* correspondiente al control automático de cortinas.
- Permitir que la tarjeta pueda conectarse a un punto de acceso más potente (por ejemplo, un AP doméstico), haciendo uso del mismo módulo WiFi en modo estación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01Seguridad. (2017). *SENSOR MAGNETICO INTERIOR PRECABLEADO PRONEXT MS14*. Obtenido de www.01seguridad.com.ar:
https://www.01seguridad.com.ar/sensor-magnetico-alarma-puerta-ventana-porton-abertura-detec-01SEGURIDAD-_380
- Adafruit. (2016). *Adafruit LCD Hitachi HD44780 & I2C Controller*. Obtenido de www.adafruit.com: <https://www.adafruit.com/products/713>
- ADDICORE. (2017). *ESP8266 WiFi Serial Tranceiver Module*. Obtenido de ADDICORE: <http://addicore.com/product-p/130.htm>
- Airfal Internacional. (2016). *El hogar inteligente empieza a ser realidad*. Obtenido de ENTER.CO.: <http://www.airfal.com>
- Alzate, D. (2010). *Control y Medida de Nivel de Líquido con Señales de Ultrasonido*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Arduino. (2017). *Página Oficial de Arduino*. Obtenido de www.arduino.cc/:
<https://www.arduino.cc/>
- Arduino Stack Exchange. (2014). *Temperature sensors TMP36 and LM35 have temperature diff. (offset) in the same circuit*. Obtenido de <https://arduino.stackexchange.com>:
<https://arduino.stackexchange.com/questions/6646/temperature-sensors-tmp36-and-lm35-have-temperature-diff-offset-in-the-same-c>
- Colín, L. (2012). *Modelo de vivienda domótica sistémica para el Valle de México*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Dallas Semiconductor. (2017). *Datos del DS1307*. Obtenido de <http://www.dalsemi.com>:
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- Direct Industry. (2017). *Electroválvula de control asistido / de 2/2 vías / NC / gas*. Obtenido de Direct Industry. ASCO Numatics Sirai Srl.:
<http://www.directindustry.es/prod/asco-numatics-sirai-srl/product-7131-16833.html>

- Domótica Viva. (2003). *Bricolaje X-10 Curso de Domótica a través de la red eléctrica (corrientes Portadoras)* . Obtenido de www.domoticaviva.com: <http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>
- Horak, R. (2008). *Webster's New World Telecom Dictionary*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Instructables. (2016). *SENSOR PIR + ARDUINO: Alarma de Movimiento*. Obtenido de www.instructables.com: <http://www.instructables.com/id/UberHome-Automation-w-Arduino-Pi/Guillenxt> .
- Inven. (2017). *x5 fotorresistencia 11mm GL5528 sensor fotorresistor LDR DIY Arduino*. Obtenido de <http://inven.es>: <http://inven.es/componentes-electronicos/173-pack-5x-fotorresistencias-11mm-gl5528-ldr.html>
- Machado, N. (2010). *Implementación de un sistema Domótico para el control de la iluminación* . Santiago de Cuba: Universidad de Oriente .
- Martín, J. (2011). *Instalaciones domóticas / Iniciación a la domótica*. EDITEX. Obtenido de Editex: <http://www.agapea.com/libros/Instalaciones-domoticas-Iniciacion-a-la-domotica-Ebook--EB9788490032411-i.htm>
- Pérez, M., Álvarez, J., Ferrero, F., Campo, J., & Grillo, G. (2004). *Instrumentación Electrónica*. Thomson Editores.
- Pérez, V. (2010). *Contribución al Diseño de Sistemas Domótica y Entretenimiento utilizando Hardware Libre y Software de Código Abierto*. Tijuana, México: Instituto Politécnico Nacional.
- Productos Integra. (2017). *Magnético pre cableado*. Obtenido de <https://productosintegra.com>: <https://productosintegra.com/producto/magnetico-pre-cableado/>
- PROMETEC. (2016). *Arduino y WiFi ESP8266*. Obtenido de www.prometec.net: <http://www.prometec.net>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la Investigación*. Irapuato: Mc Graw Hill.
- Sanclémente, O. (2016). *Casa Domótica con Arduino*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Shenzhen Senba Optical & Electronic Co., Ltd. (2016). *GL55 Series Photoresistor*. Obtenido de SENBA OPTICAL & ELECTRONIC CO.,LTD. : <http://www.sbcde.com.cn>

Tapia, D. (2004). *Desarrollo e implementación de un Sistema domótico de un hogar del estado de Colima*. Colima, México: Universidad de Colima.

Theben. (2017). *Detectores de presencia para un control de la iluminación energéticamente eficiente*. Obtenido de Theben. Energy saving comfort: <https://www.theben.es/Detectores-de-presencia-para-un-control-de-la-iluminacion>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

AC: *Alternating Current*

AO: **A**mplificador **O**peracional

AP: *Access Point*

APK: *Android Application Package*

AVR-C: compilador C para microcontroladores de Atmel.

AT: Conjunto de comandos Hayes

C

CGRAM: *Character Generator Random Access Memory*

CPU: *Central Processing Unit*

D

DC: *Direct Current*

dsPIC: microcontrolador PIC para el procesamiento de señales digitales

E

EEPROM: *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*

F

FTDI: *Future Technology Devices International*

G

GET: Método del protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*)

I

I2C: *Inter-Integrated Circuit*

ICSP: *In-Circuit Serial Programming*

IDE: *Integrated Development Environment*

IR: *InfraRed*

IoT: *Internet of Things*

L

LCD: *Liquid Crystal Display*

LDR: *Light Dependent Resistors*

LED: *Light-Emitting Diode*

M

MISO: *Master Input Slave Output*

MIT: *Massachusetts Institute of Technology*

MOSI: *Master Output Slave Input*

N

NV SRAM: *Non Volatile Static Random Access Memory*

P

PIC: microcontroladores producidos por *Microchip Technology*

PSoC: *Programmable System on Chip*

PWM: *Pulse-Width Modulation*

R

RAM: *Random Access Memory*

RF: *Radio Frequency*

RISC: *Reduced Instruction Set Computer*

rms: *root mean square*

ROM: *Read Only Memory*

RTC: *Real Time Clock*

S

SCL: *Serial Clock*

SDA: *Serial Data*

SPI: *Serial Peripheral Interface*

SRAM: *Static Random Access Memory*

SSL: *Secure Sockets Layer*

T

TCP/IP: *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*

TTL: *Transistor-Transistor Logic*

TWI: *Two Wire Interface*

U

UART: *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*

USART: *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*

USB: *Universal Serial Bus*

USD: estándar internacional ISO 4217 para la denominación del dólar estadounidense.

W

WiFi: *Wireless Fidelity*

ANEXOS

Anexo I Algoritmo de trabajo de la comunicación APK-ESP8266-

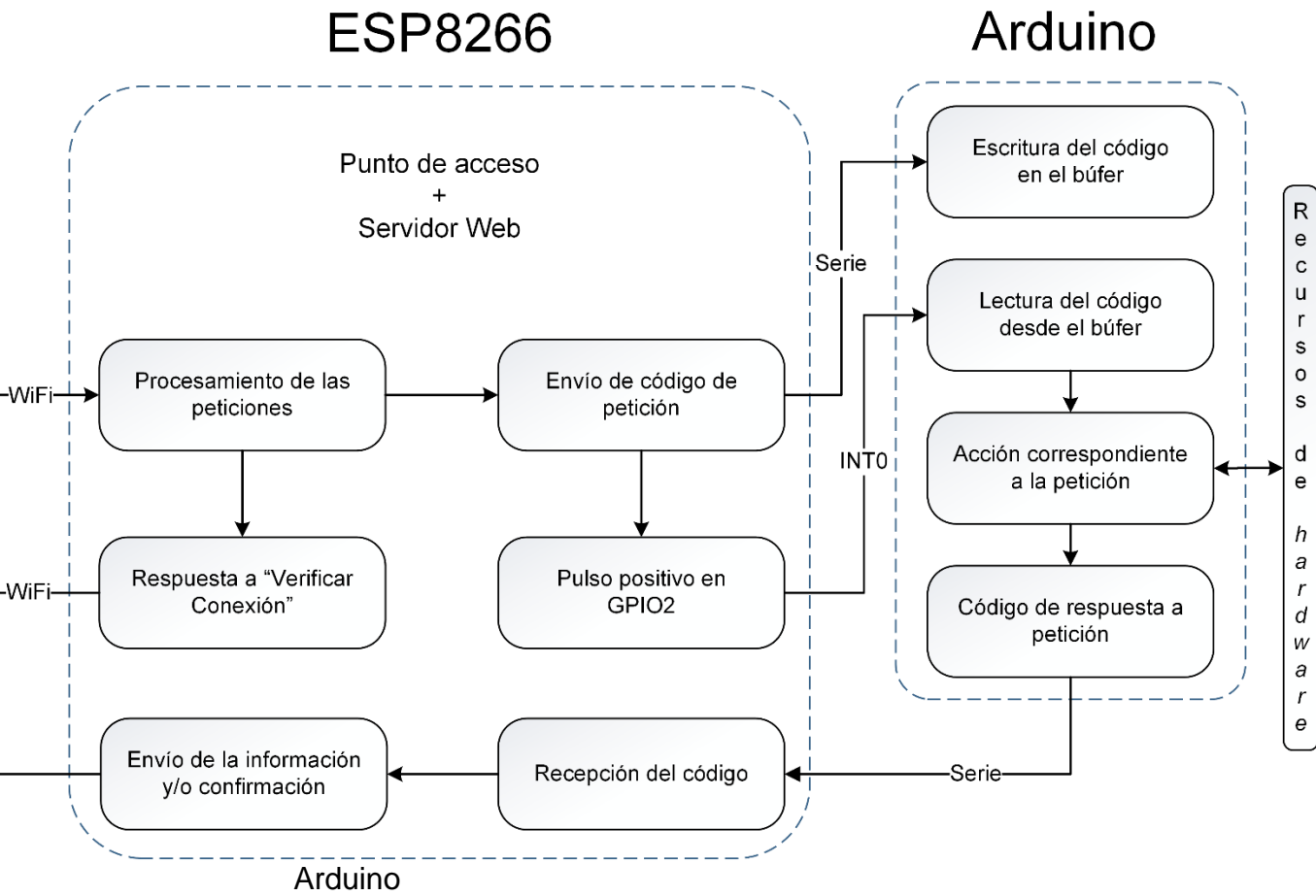


Figura A. 1 Algoritmo de trabajo de la comunicación APK-ESP8266-Arduino.(Fuente: el autor)

Anexo II Algoritmos de operación de la tarjeta

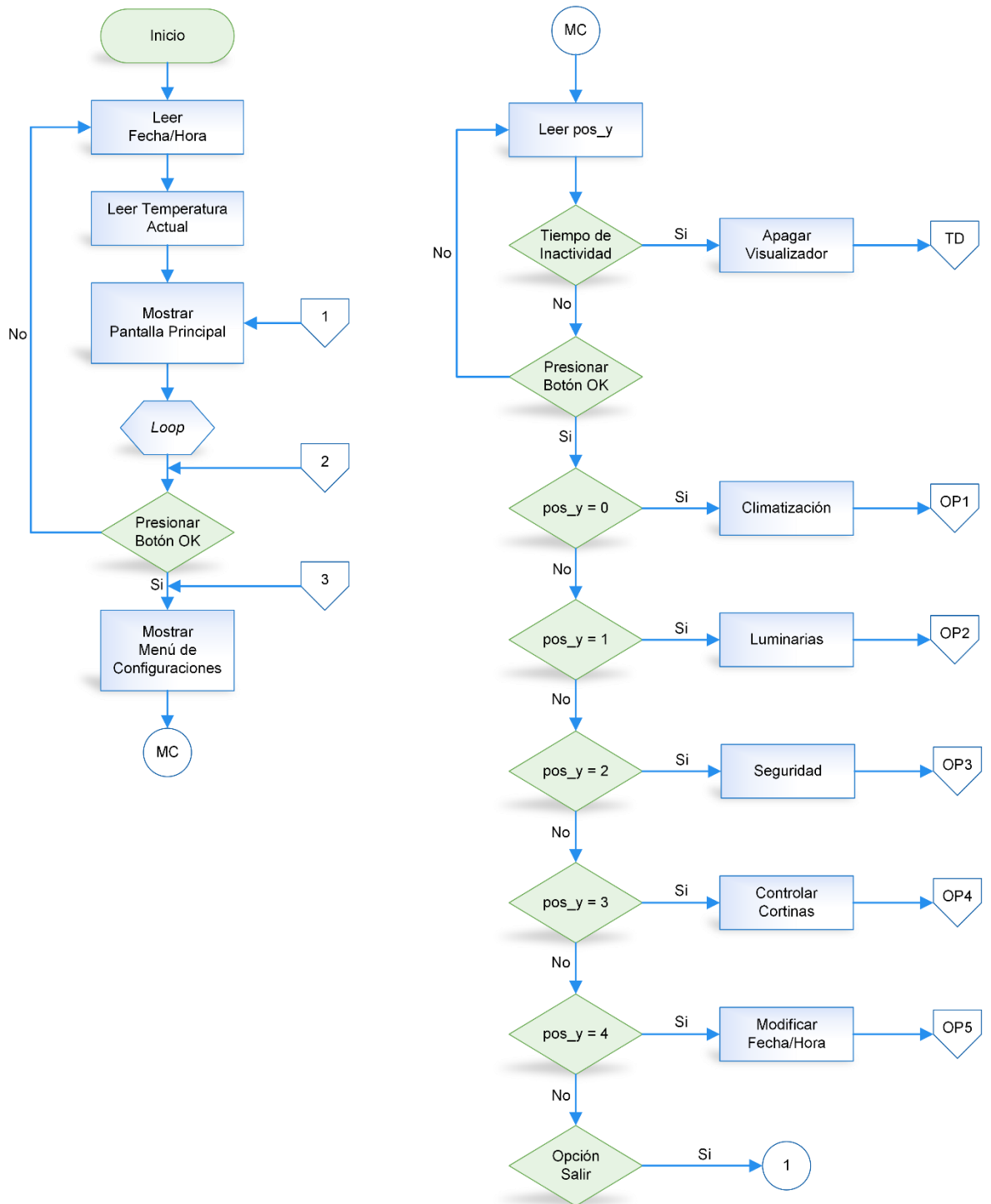


Figura A. 2 Algoritmo principal y del menú de configuraciones. (Fuente: el autor)

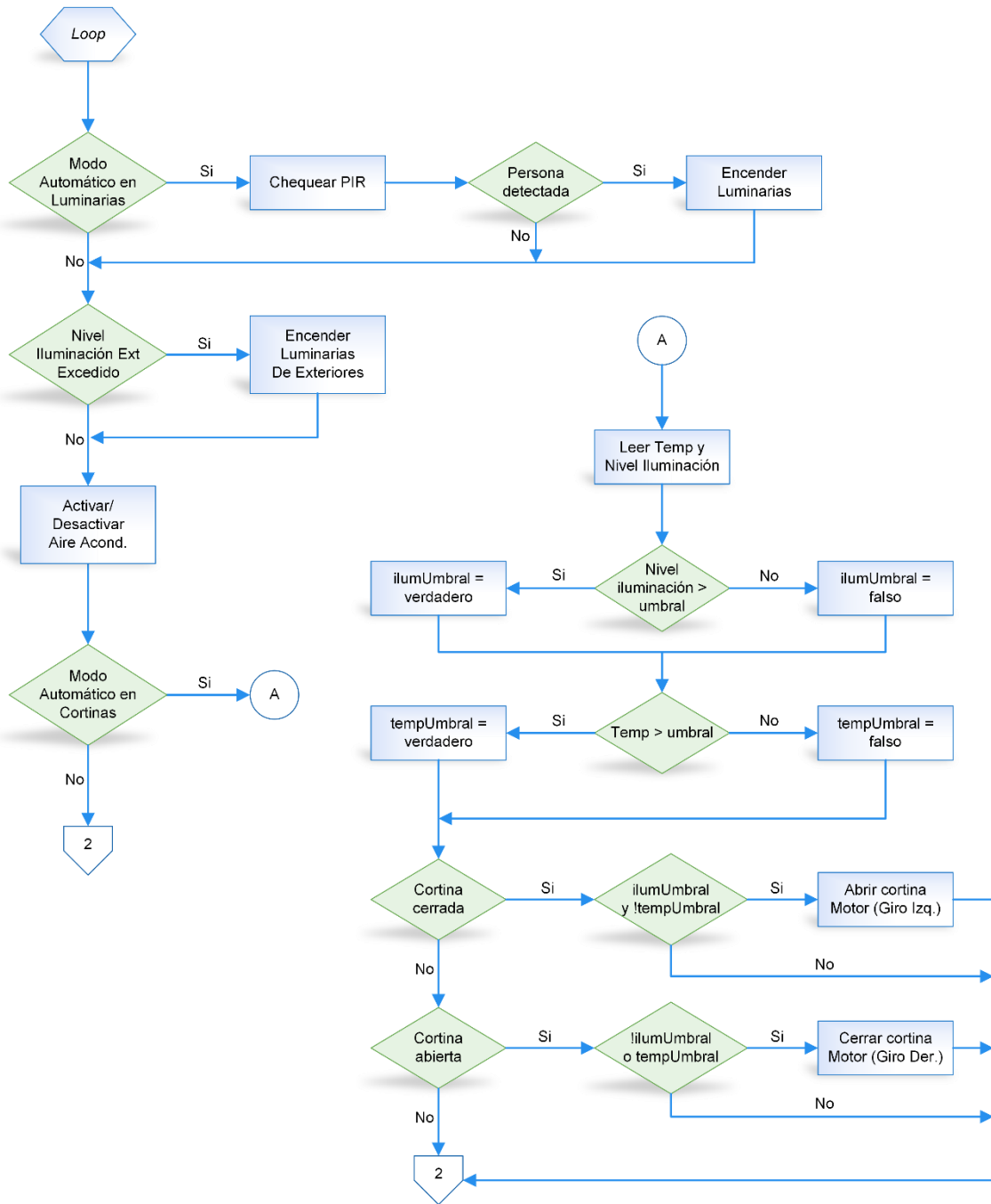


Figura A. 3 Algoritmo del Loop o lazo principal del programa. (Fuente: el autor)

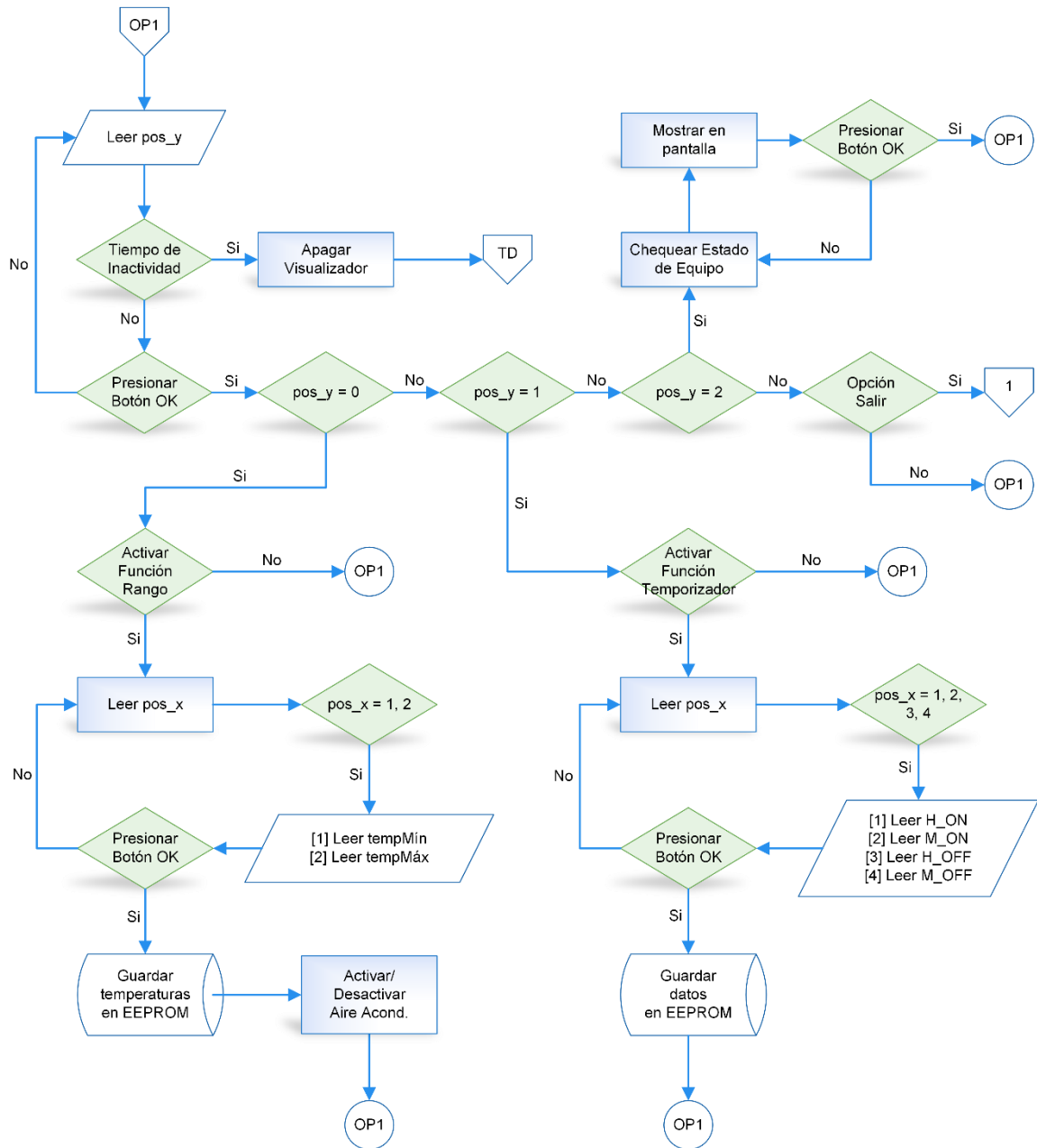


Figura A. 4 Algoritmo de la opción 1, Climatización.(Fuente: el autor)

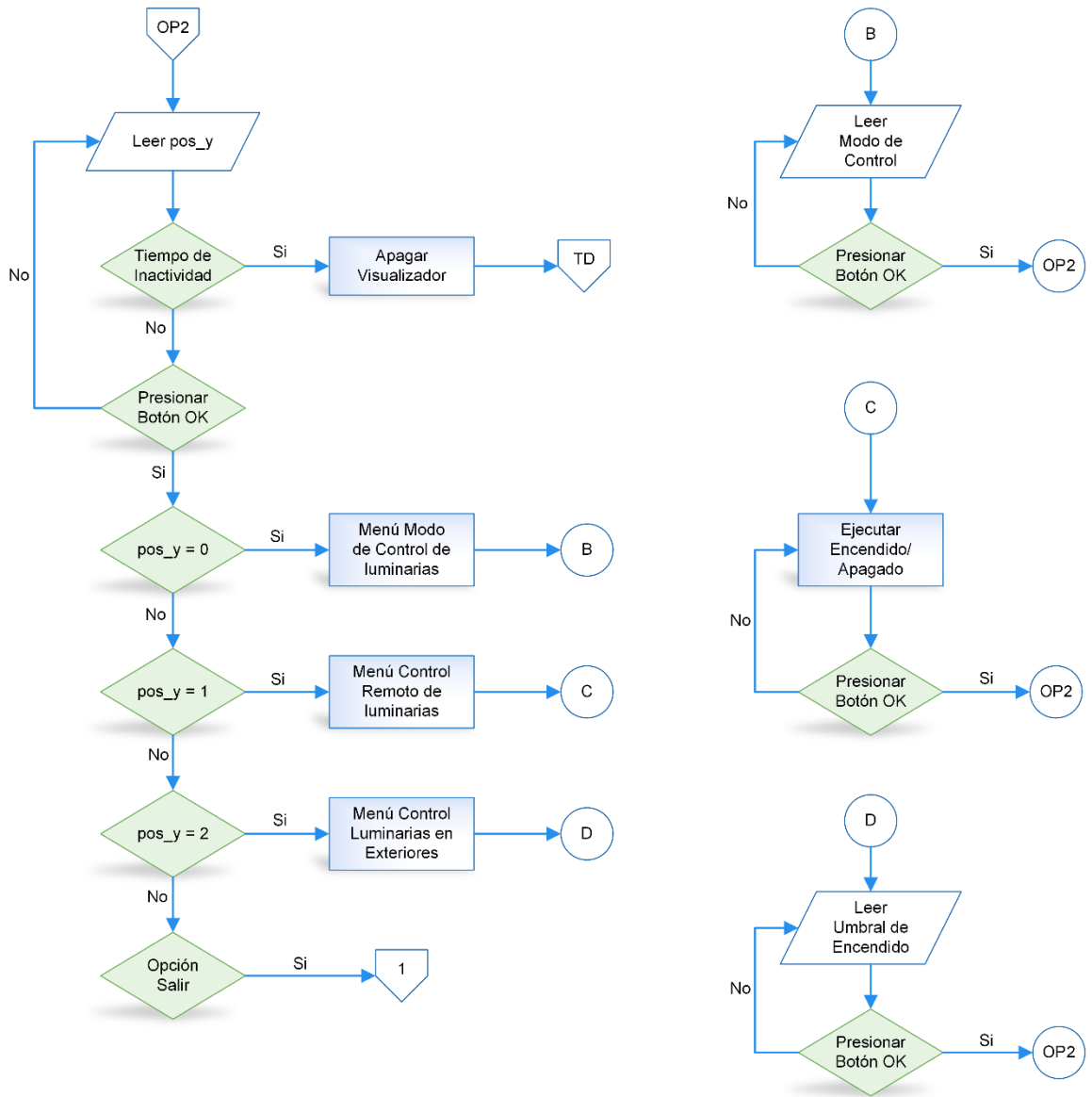


Figura A. 5 Algoritmo de la opción 2, Luminarias.(Fuente: el autor)

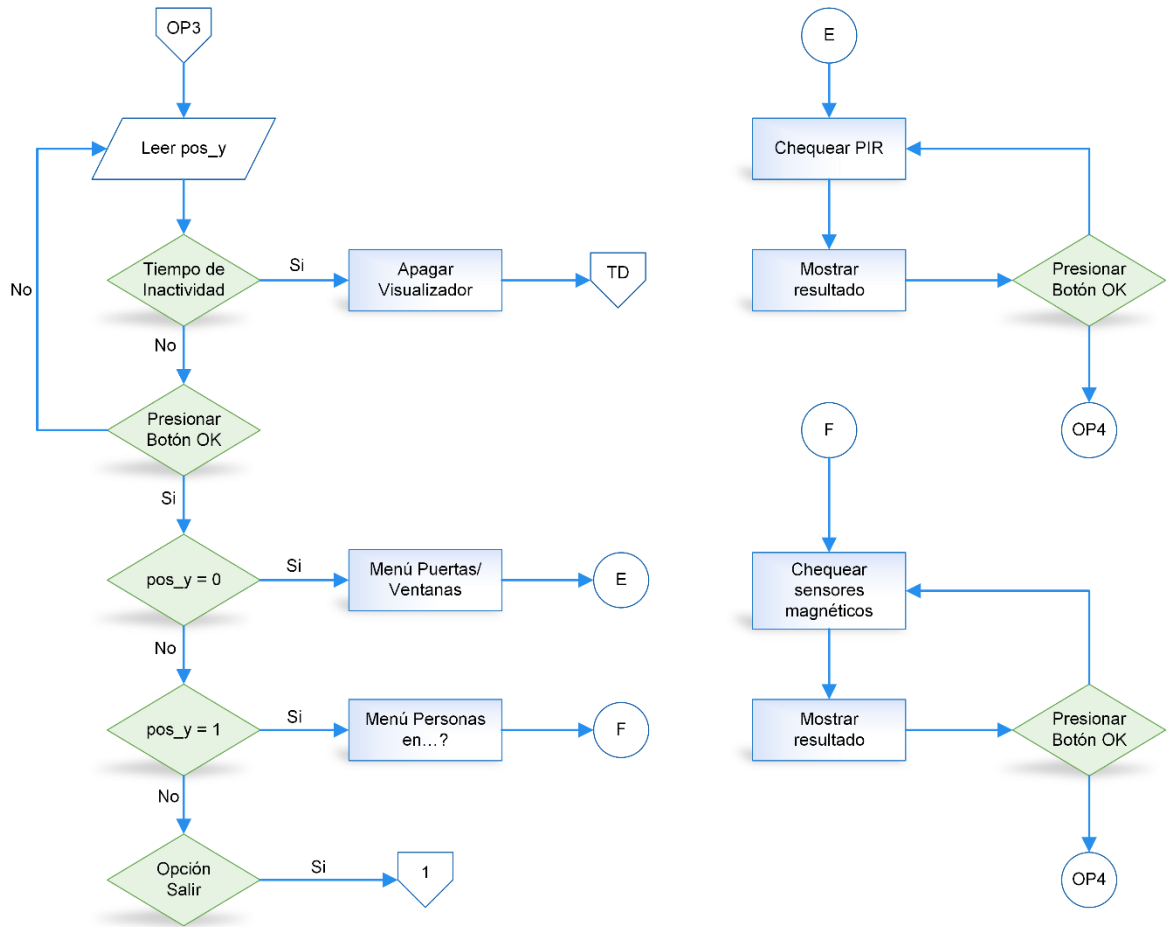


Figura A. 6 Algoritmo de la opción 3, Seguridad.(Fuente: el autor)

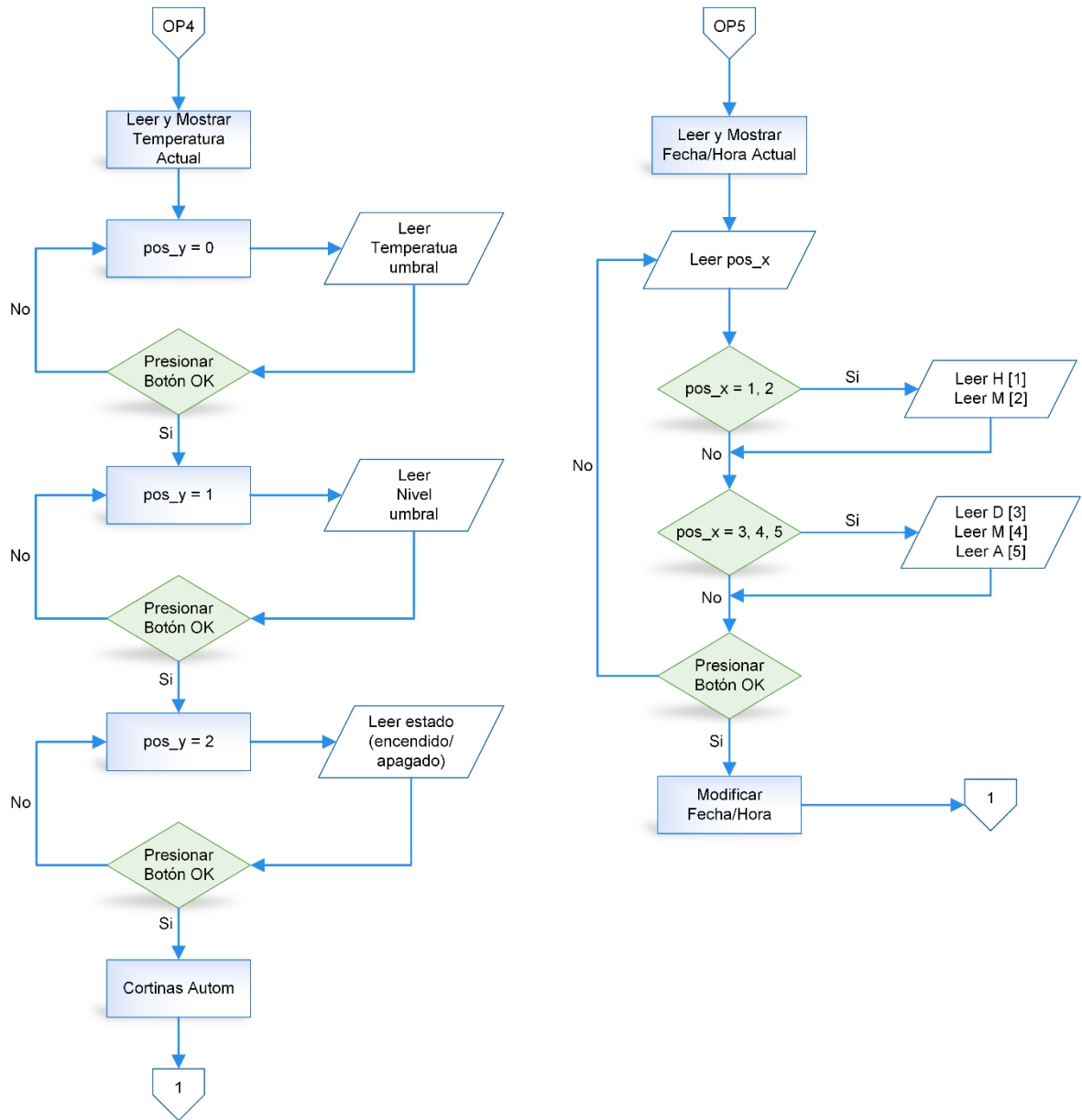


Figura A. 7 Algoritmo de las opciones 4 y 5, Cortinas y Modificar Fecha/Hora. (Fuente: el autor)

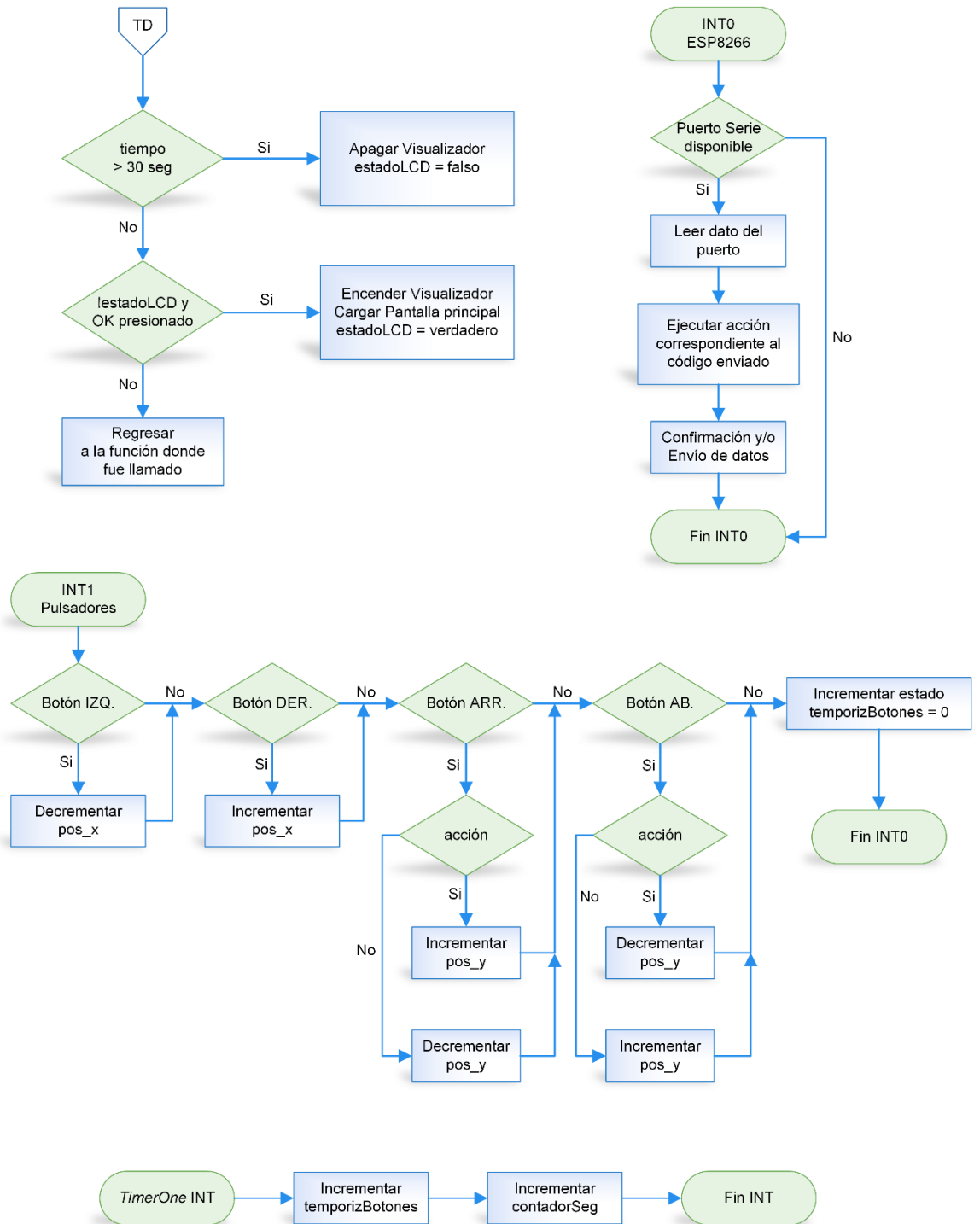


Figura A. 8 Algoritmo de la función apagar visualizadores y las rutinas de atención a interrupciones. (Fuente: el autor)

Anexo III Protocolo de comunicación APK-ESP8266-Arduino. Fuente: el autor

Petición GET	Código enviado al Arduino	Respuesta enviada a la APK
<i>verify?</i>	-	"Usted está conectado"
<i>temperature?</i>	100	"Cargando datos..."
<i>lights?</i>	101	"Cargando datos..."
<i>security?</i>	102	"Cargando datos..."
<i>autolightsON</i>	110	"Modo Automático de Luminarias activado"
<i>autolightsOFF</i>	111	"Modo Automático de Luminarias desactivado"
<i>light1ON</i>	112	"Luminaria 1 encendida"
<i>light1OFF</i>	113	"Luminaria 1 apagada"
<i>light2ON</i>	114	"Luminaria 2 encendida"
<i>light2OFF</i>	115	"Luminaria 2 apagada"
<i>tempRangeON</i>	120	"Rango de Temperatura activado"
<i>tempRangeOFF</i>	121	"Rango de Temperatura desactivado"
<i>tempTimerON</i>	122	"Temporizador activado"
<i>tempTimerOFF</i>	123	"Temporizador desactivado"

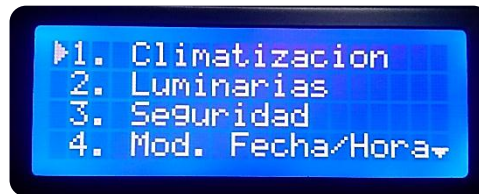
Anexo IV Protocolo de comunicación Arduino-ESP8266-APK. Fuente: el autor

Respuesta a código	Código enviado al ESP8266	Respuesta enviada a la APK
100	110 + tempMin	/tempVarReply=tempValue!tempMin! tempMax!hourON!minON! hourOFF!minOFF!deviceStatus
	130 + tempMax	
	hourON	
	25 + hourOFF	
	50 + minON/15	
	55 + minOFF/15	
	deviceStatus	
101	60 + light_auto	/lightVarReply=light_auto!light_remote[0]! light_remote[1]!lightLevel
	62 + light_remote[0]	
	64 + light_remote[1]	
	70 + lightLevel/10	
102	80 (+2) + doorsWindows[0 (+1)]	/securityVarReply=doorsWindows[0] doorsWindows[1] doorsWindows[2] doorsWindows[3]!presence[0]presence[1] presence[2]presence[3]
	90 (+2) + presence[0 (+1)]	
110, 111, 112, 113, 114, 115, 120, 121, 122, 123	200	“Operación realizada con éxito”

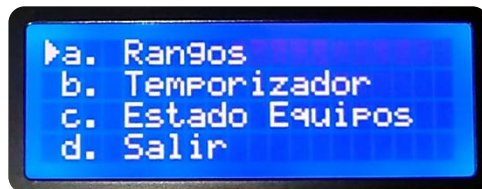
Anexo V Captura de pantalla del LCD para la configuración de las diferentes funcionalidades.



1



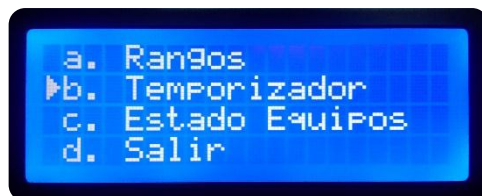
2



3



4



5



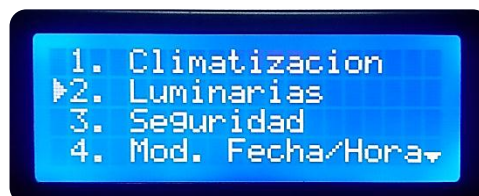
6



7



8



9

▶a. Modo de oper.
b. ON/OFF Remoto
c. Exteriores
d. Salir

10

(*) Auto () Manual
OK Selec. ◀▶ Elegir

11

a. Modo de oper.
▶b. ON/OFF Remoto
c. Exteriores
d. Salir

12

(✓)Hab.1 ()Hab.3
▶(X)Hab.2 ()Hab.4
OK Selec. ◀▶ OFF/ON

13

a. Modo de oper.
b. ON/OFF Remoto
▶c. Exteriores
d. Salir

14

Intensidad Lum.: 55%
ON con menos de: 30%
0% OFF ◀▶ -/+

15

1. Climatizacion
2. Luminarias
▶3. Seguridad
4. Mod. Fecha/Hora▼

16

▶a. Puertas/Vent.
b. Personas en ?
c. Salir

17

(C) Door1
() Door2
() Win1
() Win2

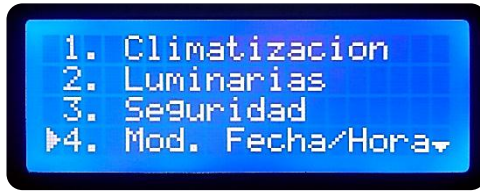
18

a. Puertas/Vent.
▶b. Personas en ?
c. Salir

19

()Hab.1 ()Hab.3
()Hab.2 (✓)Hab.4
Pres. OK para Salir

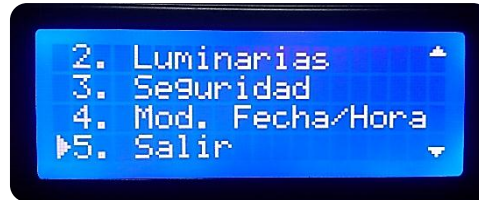
20



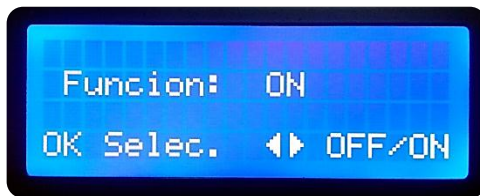
21



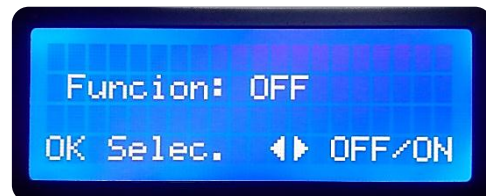
22



23



24



25

Leyenda:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Pantalla principal | 16. Menú de configuraciones (Opción 3) |
| 2. Menú de configuraciones (Opción 1) | 17. Opción a de Seguridad |
| 3. Opción a de Climatización | 18. Estado de puertas y ventanas |
| 4. Rangos de temperatura | 19. Opción b de Seguridad |
| 5. Opción b de Climatización | 20. Personas o no en las habitaciones |
| 6. Temporizador | 21. Menú de configuraciones (Opción 4) |
| 7. Opción c de Climatización | 22. Configuración de hora/fecha |
| 8. Estado de equipo | 23. Opción Salir |
| 9. Menú de configuraciones (Opción 2) | 24. Activar Función |
| 10. Opción a de Luminarias | 25. Desactivar Función |
| 11. Modo de operación | |
| 12. Opción b de Luminarias | |
| 13. Encendido/Apagado remoto | |
| 14. Opción c de Luminarias | |
| 15. Luminarias en exteriores | |

Anexo VI Descripción de las distintas pantallas de la aplicación Android.





DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cuesta Morán, Karla Stephanye**, con C.C: # **0927109017** autor/a del trabajo de titulación: **Propuesta de diseño de la tarjeta de control de un sistema domótico con tecnología de hardware libre y software de código abierto**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 27 de Octubre de 2017

f. _____

Nombre: **Cuesta Morán, Karla Stephanye**

C.C: **0927109017**



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Propuesta de diseño de la tarjeta de control de un sistema domótico con tecnología de hardware libre y software de código abierto.		
AUTOR(ES)	Cuesta Morán, Karla Stephanye		
REVISOR(ES)/TUTOR	MSc. Orlando Philco Asqui; MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar / MSc. Manuel Romero Paz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 27 de Octubre de 2017	No. DE PÁGINAS:	129
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas domóticos, Arduino, sensores, actuadores, detectores, sistemas de control		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Domótica, Arduino, sensor, actuador, detector, control		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo se describe la implementación de una tarjeta de control para sistemas domóticos basada en las bondades de hardware libre y software de código abierto que brinda la plataforma Arduino Mega 2560 como elemento principal de la unidad de control. La propuesta logra un diseño electrónico modular, versátil y con costos por debajo de las tarjetas propietarias análogas existentes en el mercado. Se caracterizan las funcionalidades que presenta referidas a la climatización, iluminación, confort y seguridad. Se detallan además la estructura de cada uno de los subsistemas que lo componen, las características de operación de los componentes que se utilizan, los criterios de selección de estos últimos, así como los diagramas de flujo utilizados en la programación de las diversas funcionalidades. Finalmente se expone el diseño y la caracterización de la aplicación para Smartphone que permite controlar el sistema domótico a distancia y se describe la implementación. Metodológicamente, este trabajo es exploratorio, descriptivo, su paradigma es empírico-analítico, con un enfoque cuantitativo porque se utilizan cálculos matemáticos para el diseño electrónico de los diferentes bloques funcionales que conforman la tarjeta que se comprueban a través de la simulación, y finalmente el diseño es experimental, debido a que se alteran las variables de estudio, para finalmente proceder con el análisis respectivo.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-988760683	E-mail: ks_karlita1@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús		
	Teléfono: +593-994606932		
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			