



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL  
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Héctor Hernán Cojulún Mendoza**

Asesorado por el Ing. Romeo Neftalí López Orozco

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL  
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HÉCTOR HERNÁN COJULÚN MENDOZA**

ASESORADO POR EL ING. ROMEO NEFTALÍ LÓPEZ OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
EXAMINADORA	Inga. María Magdalena Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL  
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 6 de marzo de 2014.

  
**Héctor Hernán Cojulún Mendoza**





Guatemala, 14 de agosto de 2014

Ingeniero  
Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Ingeniero Guzmán:

Por la presente, le informo que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante Héctor Hernán Cojulún Mendoza, con carné 2010-20142. Después de revisar su contenido final considero que satisface el objetivo del mismo y lo apruebo como trabajo de graduación.

Agradeciendo su amable atención y colaboración a la presente, me es grato suscribirme, deseándole éxitos en sus labores cotidianas.

Atentamente

**ROMEO NEFTALÍ LÓPEZ OROZCO**  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Colegiado No. 3364

Ing. Romeo Neftalí López Orozco  
Colegiado 3364  
ASESOR





Ref. EIME 38.2014  
Guatemala, 20 de AGOSTO 2014.

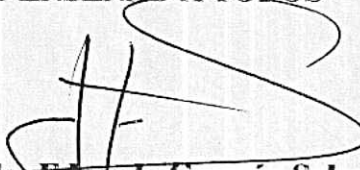
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, del estudiante Héctor Hernán Cojulún Mendoza, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑADA TODOS

  
**Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar**  
Coordinador Área Electrónica



STO





FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 38. 2014.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **HÉCTOR HERNÁN COJULÚN MENDOZA** titulado: **DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 1 DE SEPTIEMBRE 2014.



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 486.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Hernán Cojulún Mendoza**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 18 de septiembre de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser el pilar que sostiene la unión de mi conocimiento y fe en los caminos de mi vida.
- Mis padres** Óscar Raúl Cojulún Madrid y Marjorie Mendoza Cordero, por su amor y apoyo incondicional en mis proyectos de vida.
- Mis hermanos** Estefanie, Ana, Óscar y Paola Cojulún Mendoza, por acompañarme y darme su apoyo en todo momento para esta meta de vida.
- Mis abuelos** Carlos Mendoza, Margarita Cordero y Ana Madrid, por su inmenso amor, dedicación y consejos brindados durante toda mi vida.
- Mis tíos** Carlos Mendoza, Karla Mendoza, Julio Valdez y Ronald Cordero, por creer en mí siempre.
- Mis compañeros** Por haber formado un excelente grupo de trabajo en donde todos nos apoyamos incondicionalmente, aprendimos unos de otros, y con base al esfuerzo y sacrificio salimos todos adelante.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**EIME, USAC**

Por ser parte importante en mi preparación como profesional.

**Ing. Romeo López**

Por ser un excelente catedrático, por su paciencia y valiosa asesoría del presente trabajo.

**Ing. Julio Barrios**

Por sus enseñanzas y sabios consejos que son parte importante de mi formación como profesional y como persona.

**Mis amigos de la carrera**

Por haber compartido conmigo buenos y malos momentos durante el transcurso de la carrera en especial a: Luis Herrera, Ángelo Caal, Rodrigo Chang, Rodrigo Arana, Daniel Oxom, Abel Ramírez, Douglas Ixtecoc, Gabriel Ávila, Víctor Salazar, Francisco García, Hugo López, Óscar Milian y Jorge Illescas.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FUNDAMENTOS DE DOMOTIZACIÓN .....	1
1.1. Domótica.....	1
1.2. Arquitecturas de sistemas domóticos .....	3
1.2.1. Arquitectura centralizada .....	4
1.2.2. Arquitectura distribuida .....	4
1.2.3. Arquitectura descentralizada .....	5
1.2.4. Arquitectura mixta .....	6
1.3. Aplicaciones de la domótica .....	7
1.3.1. Programación y ahorro energético.....	7
1.3.2. Seguridad .....	9
1.3.3. Confort .....	9
1.3.4. Comunicaciones .....	10
1.3.5. Accesibilidad.....	11
1.4. Protocolos de comunicación .....	12
1.4.1. Protocolo de comunicación HomePlug .....	12
1.4.2. Protocolo de comunicación KNX.....	13
1.4.3. Protocolo de comunicación Ethernet .....	13
1.4.4. Bluetooth.....	16

1.4.5.	Protocolo de comunicación X10 .....	18
1.4.6.	Protocolo de comunicación PLC .....	19
1.4.6.1.	Consideraciones importantes en el protocolo PLC .....	20
1.4.6.1.1.	Ventajas de protocolo PLC .....	21
1.4.6.1.2.	Desventajas del protocolo PLC .....	21
1.4.6.1.3.	Características del canal .....	22
1.4.6.1.4.	Transmisión de la señal .....	22
1.5.	Modulaciones empleadas .....	23
1.5.1.	Modulación GMSK .....	24
1.5.2.	Modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).....	26
1.5.2.1.	Características de modulación DSSS ..	26
1.5.2.2.	Ventajas y desventajas de modulación DSSS .....	27
1.5.3.	Modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).....	27
1.5.4.	Modulación ASK.....	28
2.	CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRÓNICA A UTILIZAR.....	31
2.1.	Electrónica analógica .....	31
2.1.1.	Componentes utilizados en la electrónica analógica.....	31
2.1.1.1.	Resistencia.....	32
2.1.1.1.1.	Ley de Ohm .....	32



	2.1.1.1.2.	Potenciómetros.....	33
	2.1.1.2.	Diodo ideal.....	34
	2.1.1.3.	Transistor BJT.....	36
	2.1.1.4.	Capacitores.....	38
	2.1.1.4.1.	Capacitores electrolíticos.....	40
	2.1.1.4.2.	Capacitores cerámicos .....	41
	2.1.1.5.	Inductancias.....	42
	2.1.1.6.	Filtros .....	43
	2.1.1.6.1.	Filtros pasivos.....	44
	2.1.1.6.2.	Filtros activos.....	45
	2.1.1.7.	Osciladores electrónicos.....	47
2.2.		Electrónica digital.....	48
	2.2.1.	Componentes utilizados en la electrónica digital ....	50
	2.2.1.1.	Compuertas lógicas .....	51
	2.2.1.1.1.	Compuerta AND .....	51
	2.2.1.1.2.	Compuerta OR .....	52
	2.2.1.1.3.	Compuerta NOT .....	53
	2.2.1.1.4.	Compuerta NAND.....	54
	2.2.1.1.5.	Compuerta NOR .....	55
	2.2.1.2.	Buffer-triestado .....	56
	2.2.1.3.	Circuito integrado MAX232 .....	56
	2.2.1.4.	Circuito integrado LM567.....	58
2.3.		Microcontroladores .....	59
2.4.		Herramientas a utilizar .....	61
	2.4.1.	Control de acceso .....	61
	2.4.2.	Escáner de código de barras .....	62
	2.4.2.1.	Código de barras .....	63

	2.4.2.1.1.	Nomenclatura del código de barras .....	64
	2.4.3.	Bases de datos .....	65
		2.4.3.1. Características de bases de datos .....	66
	2.4.4.	Compilador MikroBasic .....	67
3.	FUNCIONAMIENTO DEL DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN .....		69
	3.1.	Funcionamiento de diseño .....	69
	3.2.	Control de acceso .....	70
		3.2.1. Adquisición de datos .....	70
		3.2.2. Dispositivos a utilizar .....	70
	3.3.	Máquina central (controlador central).....	72
		3.3.1. Comunicación máquina central-microcontrolador ...	73
	3.4.	Módulo transmisor.....	76
		3.4.1. Circuito oscilador.....	77
		3.4.2. Circuito modulador .....	80
		3.4.3. Circuito de amplificación y acondicionamiento de red.....	81
	3.5.	Módulo receptor .....	84
		3.5.1. Circuito de acondicionamiento de red .....	85
		3.5.2. Circuito detector de tono .....	87
	3.6.	Módulo de control de iluminación del laboratorio .....	91
	CONCLUSIONES.....		95
	RECOMENDACIONES .....		97
	BIBLIOGRAFÍA .....		99
	APÉNDICES.....		101



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Arquitectura de sistema domótico. ....	3
2.	Arquitectura domótica centralizada. ....	4
3.	Arquitectura domótica distribuida ....	5
4.	Arquitectura domótica descentralizada ....	6
5.	Arquitectura domótica mixta ....	7
6.	Trama básica Ethernet ....	16
7.	Clasificación según potencia de transmisión.....	17
8.	Clasificación según capacidad de canal.....	18
9.	Onda de transmisión protocolo X10 ....	19
10.	Unidad de condicionamiento ....	23
11.	Señal moduladora ....	29
12.	Señal modulada ....	30
13.	Símbolo eléctrico de una resistencia ....	32
14.	Símbolo eléctrico de un potenciómetro ....	34
15.	Curva del diodo. ....	34
16.	Símbolo eléctrico del diodo. ....	35
17.	Polarización del diodo ....	35
18.	Símbolos del transistor.....	36
19.	Curva característica del transistor.....	38
20.	Símbolo eléctrico del capacitor.....	39
21.	Capacitor electrolítico. ....	40
22.	Capacitor cerámico ....	41
23.	Símbolo electrónico del inductor ....	42

24.	Función de transferencia .....	43
25.	Símbolos de filtros. ....	45
26.	Filtro pasa bajo .....	46
27.	Señal binaria.....	50
28.	Compuerta AND .....	52
29.	Compuerta OR.....	53
30.	Compuerta NOT .....	54
31.	Compuerta NAND.....	55
32.	Compuerta NAND.....	55
33.	Símbolo electrónico buffer triestado .....	56
34.	CI MAX232 .....	57
35.	Diagrama CI LM567.....	59
36.	Microcontrolador 16F887 de 40 pines .....	60
37.	Funciones técnicas de los caracteres del código de barras .....	65
38.	Logo MikroBasic .....	67
39.	Lector de código de barras MS860.....	71
40.	Diagrama de bloques módulo transmisor .....	73
41.	Diagrama esquemático comunicación PC-microcontrolador .....	74
42.	Circuitería interna del CI MAX232 .....	75
43.	Diagrama de bloques módulo transmisor .....	76
44.	Diagrama esquemático circuito oscilador .....	78
45.	Forma de onda del oscilador a 120KHz.....	79
46.	Diagrama esquemático circuito modulador.....	80
47.	Diagrama esquemático circuito amplificador y acondicionamiento.....	82
48.	Diagrama esquemático de módulo transmisor.....	83
49.	Diagrama de bloques módulo receptor.....	84
50.	Diagrama esquemático de circuito de acondicionamiento .....	86
51.	Diagrama esquemático del detector de tonos.....	88
52.	Diagrama esquemático de módulo receptor .....	90



53.	Diagrama esquemático circuito de activación .....	92
54.	Diagrama esquemático de control de iluminación .....	93



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>RX</b>	Abreviación de recepción
<b>TX</b>	Abreviación de transmisor
<b>ASK</b>	Amplitude shift keying
<b>Bps</b>	Bits por segundo
<b>CI</b>	Circuito integrado
<b>ADC</b>	Convertidor analógico a digital
<b>DAC</b>	Convertidor digital a analógico
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>DC</b>	Corriente continua
<b>CRC</b>	Cyclic redundancy check
<b>F</b>	Faradios
<b>Hz</b>	Hertz



<b><math>\Omega</math></b>	Omega, es la unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades
<b>PIC</b>	PeripheralInterface Controller (controlador de interfaz periférico)
<b>PLL</b>	Phase-Locked Loop
<b>PLC</b>	Power Line Communication
<b>KNX</b>	Protocolo de comunicaciones de red, basado en OSI, para domótica.
<b>PNP</b>	Transistor con deficiencia de electrones
<b>NPN</b>	Transistor con excedente de electrones
<b>V</b>	Volts

## GLOSARIO

<b>Baudio</b>	Unidad de medida usada en telecomunicaciones, que representa el número de símbolos por segundo en un medio de transmisión digital.
<b>Bit</b>	Unidad mínima de información empleada en cualquier dispositivo digital, sus estados pueden ser 0 (bajo) o 1 (alto).
<b>Código</b>	Conjunto de símbolos que representan una información o mensaje, el cual se encuentra codificado.
<b>Cuantización</b>	Se dice del proceso de aproximar un rango continuo de valores, por una parte relativamente pequeña y finita de valores discretos o valores enteros
<b>Diagrama esquemático</b>	Representación pictórica de un circuito eléctrico, el cual muestra los diferentes componentes del circuito de manera simple y con pictogramas uniformes de acuerdo a normas, y las conexiones de alimentación y de señal entre los distintos dispositivos.

<b>Dopaje</b>	En los semiconductores se denomina dopaje al proceso intencional de agregar impurezas en un semiconductor extremadamente puro con el fin de cambiar sus propiedades eléctricas.
<b>Filtro electrónico</b>	Elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar sus características en amplitud y fase.
<b>Firmware</b>	Bloque de instrucciones de máquina para propósitos específicos, grabado en una memoria, normalmente de lectura/escritura, que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo.
<b>Frecuencia central</b>	Conocida como la frecuencia de corte a la cual está diseñado un filtro, ya sea pasa bajo, pasa alto, pasa banda.
<b>Home Plug</b>	Nombre de la familia de diversas especificaciones de comunicaciones por línea eléctrica, que facilitan la creación de redes a través del cableado eléctrico preexistente en el hogar.
<b>MATLAB</b>	Matrix Laboratory, Laboratorio matriz.
<b>Multifuncional</b>	Que puede cumplir con varias funciones según sea lo requerido.



<b>Onda cuadrada</b>	Es la onda de corriente alterna (CA), que alterna su valor entre dos valores extremos sin pasar por los valores intermedios.
<b>Portadora</b>	Designación de un sistema genérico de telecomunicaciones para los sistemas digitales.
<b>Reactancia</b>	Oposición ofrecida al paso de la corriente alterna por inductores y condensadores, se mide en Ohmios y su símbolo es $\Omega$ .
<b>Switch</b>	Dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI.
<b>Ubicuidad</b>	Estar presente en todas partes.
<b>Zona activa</b>	Región del transistor bjt en donde la unión emisor - base está directamente polarizada y la unión base - colector inversamente polarizada.



## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se desarrolló el diseño de domotización y control de acceso del laboratorio de electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, basado en un sistema de comunicación PLC y arquitectura centralizada.

En el capítulo 1 se dan a conocer los fundamentos de domotización, los cuales permiten saber qué es la domótica, las arquitecturas de sistemas domóticos, las distintas aplicaciones de la domótica, protocolos de comunicación y las modulaciones empleadas.

En el capítulo 2 se dan a conocer los conceptos básicos de electrónica a utilizar, los cuales permiten conocer el funcionamiento de los componentes electrónicos de los circuitos de la electrónica analógica y digital que forman parte del diseño.

En el capítulo 3 se da a conocer el funcionamiento del diseño de domotización, el cual describe el control de acceso, la máquina central o controlador central, el módulo transmisor, módulo receptor y el módulo de control de iluminación.





# OBJETIVOS

## General

Realizar el diseño de domotización y control de acceso del laboratorio de electrónica en la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Específicos

1. Presentar los fundamentos de domotización, los cuales ampliarán los conocimientos de la domótica.
2. Presentar los conceptos básicos de electrónica a utilizar en el diseño de domotización.
3. Presentar el funcionamiento del diseño de domotización, describiendo cada una de las partes que lo conforman.



## INTRODUCCIÓN

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y automatización inteligente de una vivienda, edificio, laboratorio o establecimiento cerrado el cual permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y facilidad en la comunicación entre el usuario y el sistema.

Un control de acceso nos brinda seguridad mediante el control de entrada y salida de un establecimiento completamente automatizado con diferentes tipos de tecnologías y dispositivos, y la disminución de costos de personal.

Los fundamentos de domotización abarcan los tipos de arquitecturas de los sistemas domóticos, los cuales son utilizados para las distintas aplicaciones de la domótica, dependiendo de estas y de los requerimientos de diseño se pueden emplear distintos protocolos de comunicación y técnicas de modulación analógica o digital.

Para la realización del diseño de domotización es necesario la utilización de distintos componentes electrónicos, los cuales en conjunto forman circuitos específicos para cada uno de los módulos del diseño abarcando conceptos de la electrónica analógica y digital.





# 1. FUNDAMENTOS DE DOMOTIZACIÓN

## 1.1. Domótica

Es el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda o establecimiento cerrado, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar, comunicación, (encendido, apagado, apertura, cierre y regulación) de aparatos y sistemas de instalaciones eléctricas y electrotécnicas (iluminación, climatización, persianas, puertas y ventanas motorizadas, el riego) de forma centralizada y/o remota. El objetivo principal del uso de la domótica es el aumento del confort, el ahorro energético y la seguridad del establecimiento a domotizar.

El sistema de domotización puede estar integrado por redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control puede aplicarse en distintas partes, desde dentro y manera remota. Se puede definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un establecimiento cerrado.

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema.

Un sistema domótico es capaz de recoger información proveniente de distintos sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a unos actuadores o

salidas. El sistema puede acceder a redes exteriores de comunicación o información según sea lo que se necesite.

La domótica aplicada a edificios no destinados a vivienda, es decir oficinas, hoteles, centros comerciales, de formación, hospitales, se denomina inmótica. La domótica permite dar respuesta a los requerimientos que plantean estos cambios sociales y las nuevas tendencias de la forma de vida, facilitando el diseño de casas y hogares más humanos, más personales, multifuncionales y flexibles.

El desarrollo de la domótica ha evolucionado considerablemente en los últimos años, y en la actualidad ofrece distintas soluciones, según sean las necesidades. Actualmente, la domótica aporta soluciones dirigidas a todo tipo de viviendas, incluidas las construcciones de vivienda oficial protegida. Además, se ofrecen más funcionalidades por menos dinero, más variedad de producto, y gracias a la evolución tecnológica, son más fáciles de usar y de instalar.

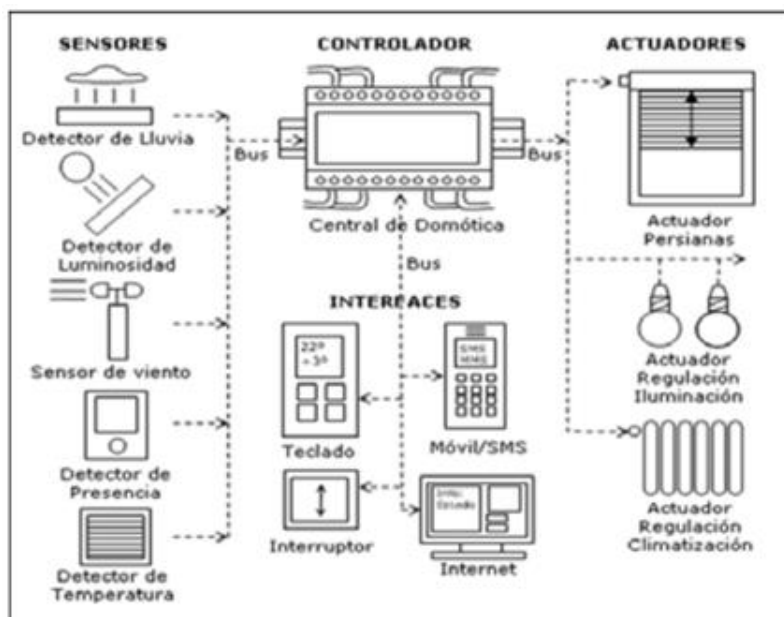
El desarrollo de diseños, implementación, y su utilización es ahora más intuitiva y perfectamente manejable por cualquier usuario. Paralelamente, los instaladores de domótica han incrementado su nivel de formación y los modelos de implantación se han perfeccionado.

La red de control del sistema domótico se integra con la red de energía eléctrica y se coordina con el resto de redes con las que tenga relación: telefonía, televisión, y tecnologías de la información, cumpliendo con los requerimientos que se tengan según sea el diseño

## 1.2. Arquitecturas de sistemas domóticos

La arquitectura del sistema inteligente puede variar según sea el diseño, siempre y cuando cumpla con que la comunicación del sistema debe ser una red de bajo alcance, de baja tasa de transmisión de datos y de bajo consumo de manera que el coste no sea alto. Para los diseños se han desarrollado varios protocolos de comunicación que cumplen estos requisitos; y casi todos están enfocados al tema de la domótica. La arquitectura podría estar orientada como se observa en la figura 1.

Figura 1. Arquitectura de sistema domótico



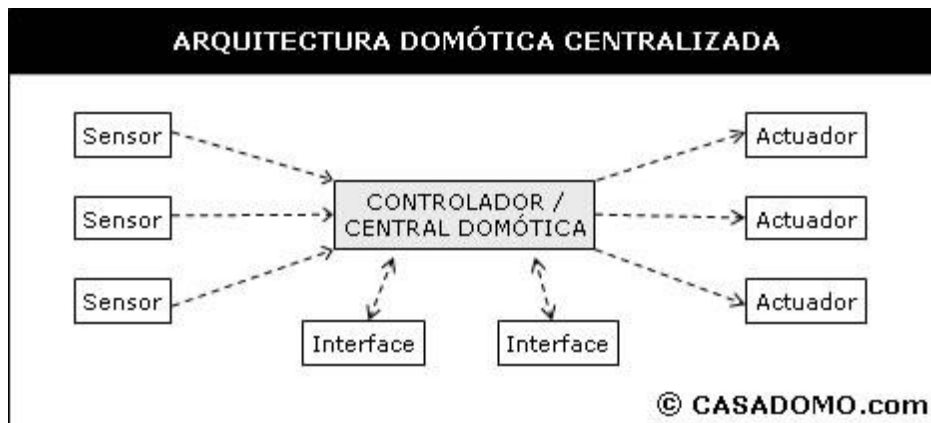
Fuente: <https://stecnologia.wikispaces.com/Domotica>. Consulta: junio de 2014.

La arquitectura de los sistemas de domótica hace referencia a la estructura de su red. La clasificación se realiza con base en control del sistema domótico. Existen distintos tipos de arquitectura:

### 1.2.1. Arquitectura centralizada

En un sistema de domótica de arquitectura centralizada existe un controlador centralizado, el cual se cumple con la función enviar la información a los actuadores e interfaces según el diseño, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios.

Figura 2. **Arquitectura domótica centralizada**

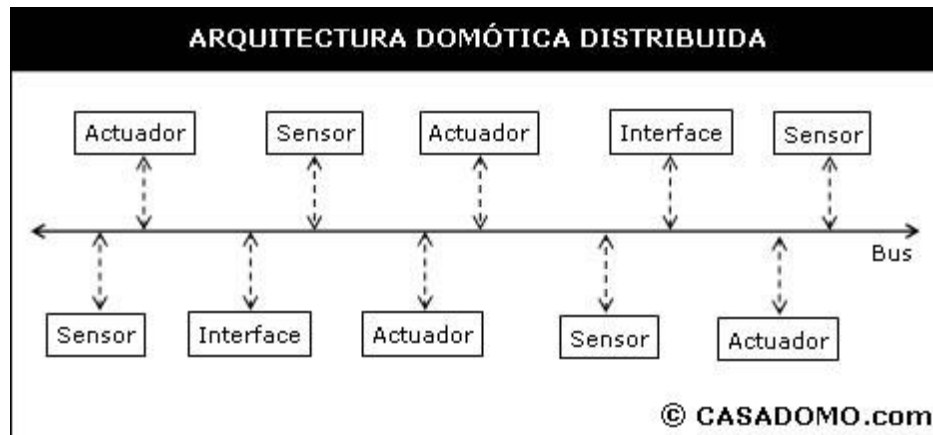


Fuente: <https://stecnologia.wikispaces.com/Domotica>. Consulta: junio de 2014.

### 1.2.2. Arquitectura distribuida

En un sistema de domótica de arquitectura distribuida cuenta con que cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según el diseño, la configuración; la información que capta por sí mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema.

Figura 3. **Arquitectura domótica distribuida**



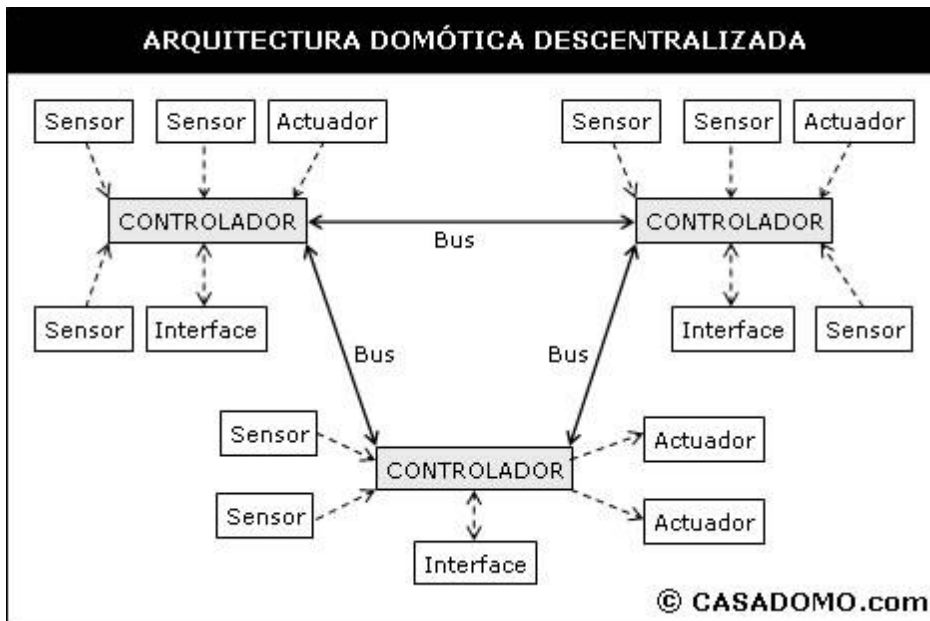
Fuente: <https://sltecnologia.wikispaces.com/Domotica>. Consulta: junio de 2014.

### 1.2.3. **Arquitectura descentralizada**

En un sistema de domótica de arquitectura descentralizada, hay varios controladores que están interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados a los controladores, según el diseño, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios.



Figura 4. **Arquitectura domótica descentralizada**

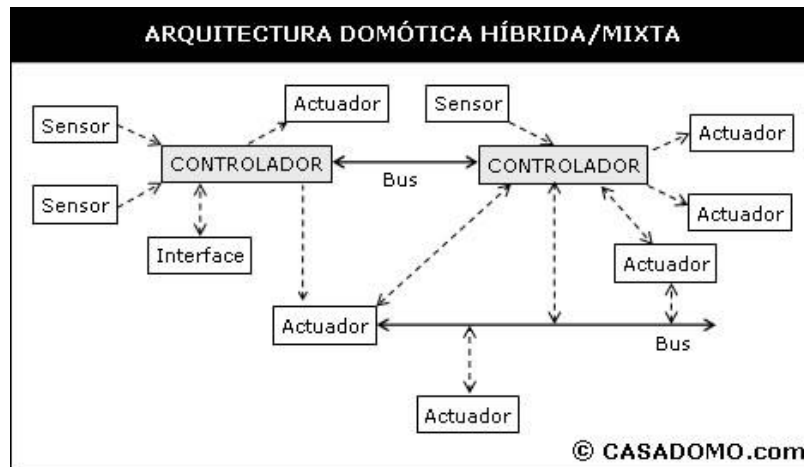


Fuente: <https://sltecnologia.wikispaces.com/Domotica>. Consulta: junio de 2014.

#### 1.2.4. **Arquitectura mixta**

En un sistema de domótica de arquitectura híbrida (también denominado arquitectura mixta) se combinan las arquitecturas de los sistemas centralizadas, descentralizadas y distribuidas. A la vez que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema distribuido) y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo, y tanto actuar como enviarla a otros dispositivos de la red, sin que necesariamente pasa por otro controlador.

Figura 5. **Arquitectura domótica mixta**



Fuente: <https://sltecnologia.wikispaces.com/Domotica>. Consulta: junio de 2014.

### 1.3. **Aplicaciones de la domótica**

Las aplicaciones, en las cuales se puede utilizar la domótica, se clasifican de la siguiente manera:

- Programación y ahorro energético
- Seguridad
- Confort
- Comunicaciones
- Accesibilidad

#### 1.3.1. **Programación y ahorro energético**

En este ámbito de aplicación de la domótica, el ahorro energético es un concepto al que se puede lograr de muchas maneras. Esto no implica que se

deba sustituir los aparatos o sistemas del hogar por otros que consuman menos, sino una gestión eficiente de los mismos, es decir que se utilice cuando sea necesario.

- Climatización y calderas: programación y zonificación, pudiéndose utilizar un termostato.
- Control de toldos y persianas eléctricas, realizando algunas funciones repetitivas automáticamente o bien por el usuario manualmente mediante un mando a distancia:
  - Proteger automáticamente el toldo del viento, con un mismo sensor de viento que actúe sobre todos los toldos.
  - Protección solar, mediante un mismo sensor de sol que actúe sobre todos los toldos y persianas.
  - Con un mando a distancia o control central se puede accionar un producto o agrupación de productos y activar o desactivar el funcionamiento del sensor.
- Gestión eléctrica
  - Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.
  - Gestión de tarifas, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.
- Uso de energías renovables

### **1.3.2. Seguridad**

Este ámbito de aplicación de la domótica consiste en una red de seguridad encargada de proteger tanto los bienes patrimoniales como la seguridad personal y la vida, los cuales estarán automatizados.

- Alarmas de intrusión (anti intrusión): se utilizan para detectar o prevenir la presencia de personas extrañas en una vivienda o edificio.
- Detección de un posible intruso (detectores volumétricos o perimetrales).
- Cierre de persianas puntual y seguro.
- Simulación de presencia.
- Detectores y alarmas de incendios, de gas (fugas de gas para cocinas no eléctricas), escapes de agua e inundación, concentración de monóxido de carbono en garajes cuando se usan vehículos de combustión.
- Acceso a cámaras IP.

Un ejemplo de este ámbito de aplicación es un detector de temperatura en un cuarto de equipos que podría activar un ventilador, el cual está regulado según el nivel de temperatura del cuarto, y así poder enfriar los equipos de manera que no se dañen los mismos.

### **1.3.3. Confort**

Este ámbito de aplicación de la domótica conlleva todas las actuaciones que se puedan llevar a cabo para mejorar el confort en una vivienda o establecimiento cerrado. Dichas actuaciones pueden ser de carácter tanto pasivas como activas, o mixtas. Entre las principales se tienen las siguientes:

- Iluminación:
  - Apagado general de todas las luces de la vivienda.
  - Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
  - Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.
  
- Automatización de todos los distintos sistemas/ instalaciones / equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
- Control vía internet.
- Gestión multimedia y del ocio electrónicos.
- Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario y automatización.

#### **1.3.4. Comunicaciones**

Este ámbito de aplicación de la domótica se refiere a los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el establecimiento a domotizar, entre los cuales se pueden mencionar:

- Ubicuidad en el control tanto externo como interno, control remoto desde internet, PC o celulares.
- Informes de consumo y costes.
- Transmisión de alarmas.
- Intercomunicaciones.

### **1.3.5. Accesibilidad**

En este ámbito de la domótica se incluyen las aplicaciones o instalaciones de control remoto del entorno que favorecen la autonomía personal de personas con limitaciones funcionales, o discapacidad.

Al realizar un diseño es importante tomar en cuenta las necesidades de todos los posibles usuarios, incluyendo las personas con diferentes capacidades o discapacidades, es decir, favorecer un diseño accesible para la diversidad humana.

La domótica aplicada a favorecer la accesibilidad es un reto ético y creativo, pero sobre todo es la aplicación de la tecnología en el campo más necesario, para suplir limitaciones funcionales de las personas, incluyendo a las discapacitadas o mayores.

Esto se puede ejemplificar con la automatización o control en hospitales, que por medio de un panel de control se esté monitoreando las pulsaciones, y que según sea el caso darle prioridad por parte de las enfermeras o doctores. Esto con el fin de evitar un accidente.

El objetivo, no es que las personas con discapacidad puedan acceder a estas tecnologías, porque estas en sí no son un objetivo, sino un medio para las mejoras. El fin de estas tecnologías es favorecer la autonomía personal. Los destinatarios son todas las personas, ya sea por enfermedad, discapacidad o envejecimiento.



## **1.4. Protocolos de comunicación**

Los protocolos de comunicación que son utilizados para la realización de diseños de domotización, se refieren los específicos para el envío de datos, establecimiento de comunicación entre las distintas partes del diseño, así como lograr la estabilidad en el sistema.

Los protocolos de comunicación pueden ser abiertos o cerrados, el cerrado, es aquel al que el público puede acceder, pero que son usados para una marca específica y al que no se le pueden hacer mejoras.

A diferencia de los protocolos de comunicación cerrados, los abiertos son aquellos que pueden ser utilizados por varias marcas, personas y a los cuales se les pueden realizar mejoras con respecto a su funcionamiento. Existen varios protocolos de comunicación, entre los cuales se mencionarán los siguientes:

### **1.4.1. Protocolo de comunicación HomePlug**

HomePlug es el nombre de la familia de diversos protocolos de comunicaciones por la red eléctrica, que facilitan la creación de redes a través del cableado eléctrico existente en el hogar o establecimiento. Existen varias especificaciones bajo el nombre de HomePlug, cada uno de ellas ofreciendo capacidades de rendimiento únicas y la convivencia o la compatibilidad con otras especificaciones HomePlug.

Algunas especificaciones HomePlug están destinadas a aplicaciones de banda ancha, como la distribución en casa de datos de baja velocidad IPTV (Internet Protocol Television), juegos y contenido de internet, mientras que otros se centran en baja potencia, bajo rendimiento y temperaturas de funcionamiento

extendidas para aplicaciones, tales como medidores inteligentes de energía y comunicaciones en el hogar, entre los sistemas eléctricos y electrodomésticos.

#### **1.4.2. Protocolo de comunicación KNX**

Es un estándar (ISO/IEC 14543) de protocolo de comunicaciones de red, basado en OSI, para edificios inteligentes (domótica e inmótica). KNX es el sucesor y la convergencia de tres estándares previos: el European Home Systems Protocol (EHS), BatiBUS, y el European Installation Bus (EIB or Instabus). El estándar KNX está gestionado por la Asociación KNX.

El estándar está basado en la pila de comunicación de EIB, pero ampliada con las capas físicas, modos de configuración y experiencia de aplicación de BatiBUS y EHS.

KNX define varios medios de comunicación física:

- Cableado de par trenzado (heredador de BatiBUS y EIB Instabus)
- Red eléctrica (heredado de EIB y EHS - similar al usado por X10)
- Infrarrojo
- Ethernet, también conocido como EIBnet/IP o KNXnet/IP

#### **1.4.3. Protocolo de comunicación Ethernet**

Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD). Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Cuando se envíe algún dato de un punto a otro a través de una red Ethernet, lleva a cabo el siguiente procedimiento: primero escucha y se da cuenta si algún otro en otro punto se está transfiriendo información; de no ser así, el nodo transferirá la información a través de la red. Todos los otros nodos pueden recibir información, pero solo el nodo seleccionado la recibirá. En caso de que dos nodos traten de enviar datos por la red al mismo tiempo, cada nodo se dará cuenta de la colisión y esperará una cantidad de tiempo aleatoria antes de volver a hacer el envío de una secuencia variable de bits que representa el mensaje transmitido.

El dato transmitido procede a 10 millones de bits por segundo y el paquete varía en una longitud de 64 a 1518 bytes, así, el tiempo de transmisión de un paquete en la Ethernet está en un rango de 50 a 1 200 microsegundos dependiendo de su longitud. La dirección de la estación de destino, normalmente es referida por una única interfaz. Cada estación recibe una copia de cada paquete, pero ignora los que son dirigidos a otras computadoras y procesa solamente los que son dirigidos a ella.

Las velocidades de envío de paquetes utilizando la tecnología Ethernet son de 10 Mbps (Ethernet estándar), 100 Mbps (Fast Ethernet – 100 BASEX) y de 1 000 Mbps utilizando el Gigabit Ethernet, cuya especificación se encuentra respaldada por la IEEE con número 802.3z, el cual cumple los siguientes objetivos:

- Permite realizar operaciones de envío y recepción de datos a una velocidad de 1 000 Mbps.
- Usa el formato de frame Ethernet 802.3.
- Usa el método de acceso CSMA/CD con soporte para un repetidor por dominio de colisión.

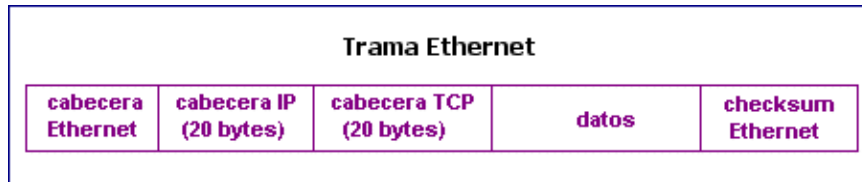
- Las direcciones de retorno son compatibles con las tecnologías 10 BASE-T y 100 Base-T.

Las redes Ethernet tienen un esquema de direccionamiento de 48 bits. A cada computadora conectada a una red Ethernet se le asigna un número único de 48 bits conocido como dirección Ethernet.

Para asignar una dirección, los fabricantes de hardware de Ethernet adquieren bloques de direcciones Ethernet y las asignan en secuencia conforme fabrican el hardware de interfaz Ethernet, de esta manera no existen dos unidades de hardware de interfaz que tengan la misma dirección Ethernet. Por lo general, las direcciones Ethernet se colocan en el hardware de interfaz anfitrión de las máquinas, de tal forma que se puedan leer debido a que el direccionamiento Ethernet se da entre dispositivos de hardware, a estos se les llama direccionamientos o direcciones físicas.

La trama de Ethernet es de una longitud variable, pero no es menor a 64 bytes ni rebasa los 1 518 bytes (encabezado, datos y CRC), cada trama contiene un campo con la información de la dirección de destino. En la figura 6 se muestra una trama Ethernet. Además de la información que identifica la fuente y el destino, cada trama transmitida contiene un preámbulo, un campo tipo, un campo de datos y un campo para verificación por redundancia cíclica (CRC- Cyclic Redundancy Check). El preámbulo consiste en 64 bits que alternan ceros y unos para ayudar a la sincronización de los nodos de recepción.

Figura 6. **Trama básica Ethernet**



Fuente: <http://internett.galeon.com/REDES.htm>. Consulta: junio de 2014.

El CRC de 32 bits ayuda a la interfaz a detectar los errores de transmisión: el emisor calcula el CRC como una función de los datos en la trama y el receptor calcula de nuevo el CRC, para verificar que el paquete se reciba intacto.

#### **1.4.4. Bluetooth**

Es una especificación industrial para redes inalámbricas de área personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar el cableado entre dispositivos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre dispositivos.
- Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

Bluetooth es el protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión y basados en transceptores de bajo costo.

Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión es suficiente.

Estos dispositivos se clasifican como clase 1, clase 2 o clase 3, en referencia a su potencia de transmisión como se indica en la figura 7, siendo totalmente compatibles los dispositivos. También se pueden clasificar según sea su capacidad de canal como en la figura 8.

Figura 7. **Clasificación según potencia de transmisión**

<b>Clase</b>	<b>Potencia máxima permitida (mW)</b>	<b>Potencia máxima permitida (dBm)</b>	<b>Alcance (aproximado)</b>
<b>Clase 1</b>	100 mW	20 dBm	~30 metros
<b>Clase 2</b>	2.5 mW	4 dBm	~10-5 metros
<b>Clase 3</b>	1 mW	0 dBm	~1 metro

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> Consulta: junio de 2014.



Figura 8. **Clasificación según capacidad de canal**

<b>Versión</b>	<b>Ancho de banda</b>
<b>Versión 1.2</b>	1 Mbit/s
<b>Versión 2.0 + EDR</b>	3 Mbit/s
<b>Versión 3.0 + HS</b>	24 Mbit/s
<b>Versión 4.0</b>	24 Mbit/s

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> Consulta: junio de 2014.

#### **1.4.5. Protocolo de comunicación X10**

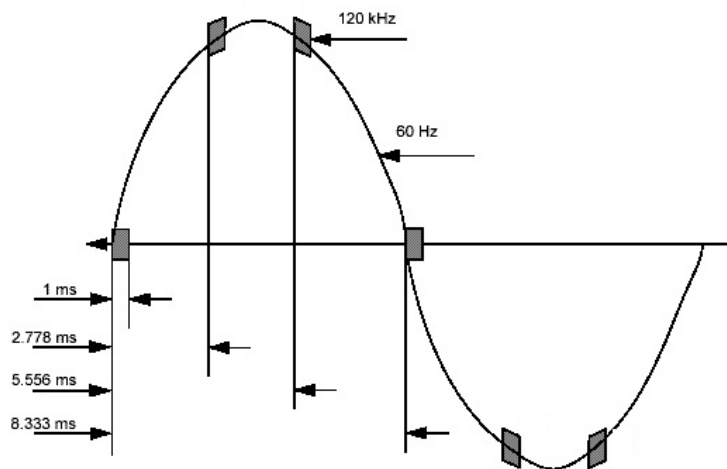
Es un estándar de comunicación para transmitir señales de control entre equipos de automatización del hogar a través de la red eléctrica (220V o 110V). Por ser un protocolo estandarizado y debido a que no se necesita instalar cables adicionales, este tipo de transmisión fue adoptado por varias marcas de equipos de automatización y seguridad en todo el mundo, haciéndolos compatibles entre sí.

Las señales de control se basan en la transmisión tramas de pulsos de RF (con una portadora de 120 KHz) que representan información digital. Estos pulsos se sincronizan en el cruce por cero de la señal de red (60 ó 50 Hz). Con la presencia de un pulso en un semiciclo y la ausencia del mismo en el semiciclo siguiente se representa un '1' lógico y a la inversa se representa un '0'. A su vez, cada comando se transmite 2 veces, con lo cual toda la información transmitida tiene cuádruple redundancia. Cada comando involucra 11 ciclos de red (220 mseg). De esta manera la comunicación es eficaz.

Primero se transmite un comando con el código de casa (House code) y el número de módulo (Number code) que direccionan el módulo en cuestión.

Luego se transmite otro comando con el código de función a realizar (Function code). Como se puede observar la onda de transmisión del protocolo de X10 en la figura 9, la señal es enviada cada cruce por cero de la onda de 60 Hz, a una frecuencia de 12 KHz., y en un sistema trifásico es enviado 3 veces cada semiciclo.

Figura 9. **Onda de transmisión protocolo X10**



Fuente: [http://www.haibrain.com/more-info-domotica-x10-protocol-c-131\\_148\\_141.html?language=en](http://www.haibrain.com/more-info-domotica-x10-protocol-c-131_148_141.html?language=en). Consulta: junio de 2014.

#### 1.4.6. **Protocolo de comunicación PLC**

Este (Power Line Comunication) consiste básicamente en la transmisión de voz y datos a través de la red eléctrica. Comenzó hace muchos años cuando se pensaba en cómo enviar datos aprovechando una red eléctrica existente, esto por el motivo que millones de personas en todo el mundo cuenta con

energía eléctrica. De esta manera, las compañías eléctricas incrementarían su rentabilidad al aumentar el valor agregado de sus servicios con una mínima inversión, aprovechando la infraestructura de la red eléctrica para fines para los cuales no habían sido concebidos inicialmente.

La tecnología PLC puede usar el cableado eléctrico doméstico como medio de transmisión de señales. Las tecnologías HomePlug y HomePlug AV, son los dos estándares de facto más populares empleados en el hogar, sin necesidad de instalar cableado adicional.

Típicamente, los dispositivos para control de hogar funcionan mediante la modulación de una onda portadora cuya frecuencia oscila entre los 20 y 200 KHz inyectada en el cableado doméstico de energía eléctrica desde el transmisor. Esta onda portadora es modulada por señales digitales. Cada receptor del sistema de control tiene una dirección única y es gobernado individualmente por las señales enviadas por el transmisor. Estos dispositivos pueden ser enchufados en la toma eléctrica convencional o cableada en forma permanente en su lugar de conexión.

#### **1.4.6.1. Consideraciones importantes en el protocolo PLC**

Para la realización del diseño de una red utilizando el protocolo de comunicación PLC, se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

#### **1.4.6.1.1. Ventajas de protocolo PLC**

- Utiliza la infraestructura ya existente, es decir, el cableado eléctrico, por lo que no es necesario ningún tipo de obra adicional.
- Cualquier enchufe en una casa es suficiente para estar conectado.
- Posibilidad de crear redes de datos domésticas utilizando el cableado existente.
- Su instalación es muy rápida por parte del cliente.
- Proporciona una conexión permanente 24 horas al día.
- Disponibilidad de múltiples servicios a través de una misma plataforma.
- Es posible combinarla con otras tecnologías.
- Por medio de micro filtros se evitan las posibles interferencias generadas por los electrodomésticos
- No sufre de los inconvenientes de ADSL o cable que no llega en muchos casos al usuario final. Al estar ya implantada la red eléctrica permite llegar a cualquier punto geográfico.
- El ancho de banda es de 45 Mbps, aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 135 Mbps y en breve se llegará a 200 Mbps.
- Con el tiempo los costes se abaratarán.

#### **1.4.6.1.2. Desventajas del protocolo PLC**

- Tiene escasa competencia tecnológica.
- La producción de los equipos necesarios es todavía escasa
- Ausencia de estándares tecnológicos para la interoperabilidad de equipos.
- La red eléctrica no fue diseñada para transmitir datos por lo que experimenta frecuentes caídas y la calidad de las llamadas telefónicas no es completamente satisfactoria.

- Interferencias durante la navegación a través de la web.
- Falta de seguridad.
- Oposición de las compañías telefónicas.
- Puede presenciarse interferencia

#### **1.4.6.1.3. Características del canal**

- Rango de frecuencias (1.6-30 MHz).
- Baja impedancia, lo que implica altas potencias de emisión.
- Alta atenuación.
- La impedancia varía en cada ciclo de tensión, debido al uso de dispositivos no lineales (diodos, transformadores, etc.).
- La impedancia varía temporalmente por el encendido y apagado de dispositivos.
- Reflexiones debido a la topología de la red eléctrica en las viviendas.
- Medio muy ruidoso. Puede no haber neutro (tierra).

#### **1.4.6.1.4. Transmisión de la señal**

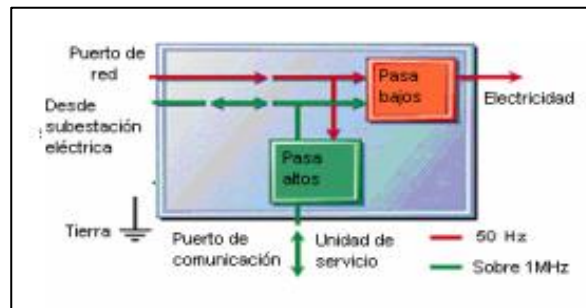
Para poder lograr una transmisión de señal adecuada, es necesario un acondicionamiento de la infraestructura existente en la red eléctrica. Las redes normalmente pueden transmitir señales regulares de baja frecuencia en 50 o 60 Hertz y señales mucho más altas, sobre 1 000 000 Hertz sin que ambas frecuencias se molesten entre sí, ya que las de baja frecuencia llevan energía, mientras que las de alta frecuencia llevan los datos.

Se utiliza una unidad de acondicionamiento HFPCN (High Frequency Conditioned Power Network) para transmitir datos y señales eléctricas. Un HFPCN utiliza una serie de unidades de acondicionamiento (CU) para filtrar esas

señales separadas. La unidad de acondicionamiento recibe la entrada agregada en su puerto de red, esta entrada agregada pasa por un filtro pasa altos.

Este filtrado de las señales de alta frecuencia permite derivarlos al puerto de comunicación, y mediante un filtro pasa bajos se envía la electricidad al consumo. La señal de 60 Hz fluye del filtro pasa bajos y también sirve para atenuar el ruido provocado por las aplicaciones eléctricas en casa del cliente, ya que el agregado de estos ruidos extraños provocaría distorsiones significativas en la red.

Figura 10. **Unidad de acondicionamiento**



Fuente: [http://html.rincondelvago.com/plc\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/plc_1.html). Consulta: junio de 2014.

## 1.5. Modulaciones empleadas

El concepto de modulación lo define como el proceso, o el resultado del proceso, de variar una característica de una onda portadora de acuerdo con una señal que transporta información. El propósito de la modulación es sobreponer señales en las ondas portadoras.



Modulación se refiere al conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una señal portadora, por lo general es una onda sinusoidal. El aplicar las distintas técnicas de modulación optimiza la utilización del canal de comunicación, esto con el objetivo de transmitir más información en forma simultánea, además de mejorar contra el ruido e interferencias. El tipo de modulación a emplearse puede ser analógica o digital.

En un principio, la modulación que se utilizaba para el protocolo PLC comenzó en una primera generación con la modulación GMSK y DSSS que ofertaba velocidades de entre 1 y 4 Mbps, contando con una evolución en la segunda generación comenzando a introducir la modulación OFDM.

Las características generales de la segunda generación fueron utilizar OFDM con:

- 1280 portadoras.
- Tasa de transferencia: mayor de 27 Mbps en la bajada y mayor de 18 Mbps en la subida.
- Tasa de transferencia adaptable según la SNR (Relación señal ruido) con más de 8 bits por portadora.
- Eficiencia de la modulación de 7,25 bps/Hz.

### **1.5.1. Modulación GMSK**

Gaussian Minimum Shift Keying es un esquema de modulación continua en fase, una técnica que consigue suavizar las transiciones de fase entre estados de la señal, consiguiendo por tanto reducirlos requisitos de ancho de banda.

Esta técnica de modulación consiste en que se pasan los datos modulantes a través de un filtro gaussiano de premodulación, lo que estabiliza las variaciones de las frecuencias instantáneas a través del tiempo, y reduce los lóbulos laterales en el espectro transmitido.

El grado del filtro es expresado multiplicando el ancho de banda de 3 dB del filtro por el período de transmisión de bit. Por ejemplo:  $BT$ . Valores de  $BT$  bajos introducen altos niveles ISI y esto resulta en una baja de potencia fija o un nivel de error irreducible. Con GMSK, los bits de entrada representados de forma rectangular (+1 o -1) son transformados a pulsos gaussianos (señales de forma acampanada) mediante un filtro gaussiano, para posteriormente ser suavizados por un modulador de frecuencia.

En la mayoría de los casos, la duración del pulso gaussiano supera a la de un bit, dando lugar como consecuencia a lo que se conoce como interferencia intersimbólica (ISI). El grado de esta superposición es determinado por el producto del ancho de banda del filtro gaussiano y la duración de un bit. Este producto se conoce normalmente como  $BT$ . Cuanto menor sea el valor de  $BT$  mayor será el solapamiento entre pulsos gaussianos.

La portadora resultante es una señal continua en fase, lo cual es importante porque las señales con transiciones suaves entre fases requieren menor ancho de banda para ser transmitidas. Por otra parte, este suavizado de la señal hace que el receptor tenga que realizar un trabajo mayor en la demodulación de la señal, ya que las transiciones entre bits no están bien definidas.

Además de en la transmisión de datos por la red eléctrica, este tipo de modulación es muy utilizado en redes GSM, y en comunicaciones

aeroespaciales, debido al poco ancho de banda necesario y a la robustez de la señal en medios hostiles.

### **1.5.2. Modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)**

El espectro ensanchado (SS) es una técnica de transmisión en la cual un código pseudoaleatorio, independiente de los datos de información, es empleado como forma de onda modulante para desparramar la energía de la señal sobre un ancho de banda mucho mayor que el ancho de banda de información de la señal original. Los sistemas de secuencia directa (DS) son sistemas de espectro ensanchado en los cuales la portadora está modulada por un código de dispersión de alta velocidad y una corriente de datos de información. La secuencia del código de alta velocidad es el causante directo del ensanchamiento de la señal transmitida.

#### **1.5.2.1. Características de modulación DSSS**

- Se basa en la multiplicación de la secuencia de bits original por una secuencia digital (chips) de velocidad mucho mayor.
- El código de expansión expande la señal por una gran banda de frecuencias.
- La expansión es proporcional al número de bits usados.
- Se combina la información digital de la secuencia de bits con los bits de la secuencia de expansión, usando OR exclusivo.
- La señal binaria de datos modula una portadora RF, y la señal modulada resultante es modulada por la señal código (la señal código consiste en una sucesión de bits de código entre +1 y -1).

### **1.5.2.2. Ventajas y desventajas de modulación DSSS**

- Acceso múltiple: si múltiples usuarios usan el canal a la vez, habrá múltiples señales DS superpuestas en tiempo y frecuencia. Si los códigos usados tienen muy poca correlación, podrán separarse los canales sin problemas.
- Interferencia multicamino: si la secuencia código está bien seleccionada, la señal será cero fuera del intervalo  $[-T_c, T_c]$ , donde  $T_c$  es la duración del pulso.
- Interferencia de banda estrecha.
- La generación de señales código es sencilla.
- No es necesaria la sincronización entre usuarios.

### **1.5.3. Modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**

El origen del OFDM es en la década de los años 60 en aplicaciones de uso militar que trabajan dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras.

OFDM es una tecnología de modulación digital, una forma especial de modulación multicarrier considerada la piedra angular de la próxima generación de productos y servicios de radio frecuencia de alta velocidad para uso tanto personal como corporativo.

La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de carriers que están espaciados entre cien distintas frecuencias

precisas. Ese espaciado evita que los demoduladores vean frecuencias distintas a las suyas propias.

El sistema de DS2, como primer ejemplo utiliza 1280 portadoras de hasta 30 MHz. Permitiendo un flujo de datos de 45 Mb/s; 27 Mb/s en bajada y 18 Mb/s en subida. Este sistema al trabajar con gran número de portadoras tiene las siguientes ventajas:

- Sincronización más simple y robusta
- Fácil de adaptarse a cortes
- Mejor inmunidad a ruidos impulsivos, interferencias
- Mejor robustez frente a distorsiones (fadings)
- El sistema de Cogency, sin embargo, utiliza:
  - 84 portadoras, de 4,5 MHz a 21 MHz.
  - Flujo de datos: capacidad total máxima 14 Mb/s

La principal ventaja de este sistema es que se puede adaptar fácilmente a los cambios en las condiciones de transmisión de la línea eléctrica, y que se pueden utilizar filtros para proteger los servicios que puedan resultar interferidos.

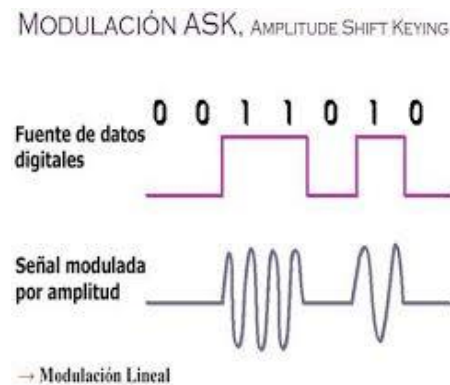
#### **1.5.4. Modulación ASK**

La modulación ASK (Amplitudes-Shift Keying) se basa en la variación de la amplitud para distinguir los datos de la señal moduladora, que será una señal digital, es decir, valores binarios.

Al ser los valores binarios 1 y 0, frecuentemente se usa para el valor 0 una amplitud de 0 voltios, y para el 1 cualquier valor de amplitud, de esta forma es fácilmente diferenciable un valor de otro y se reducen las posibilidades de que exista algún error.

La velocidad de transmisión de la señal moduladora se puede expresar en baudios (Bits/segundo). La señal moduladora tendrá una forma como la representada en la figura 11.

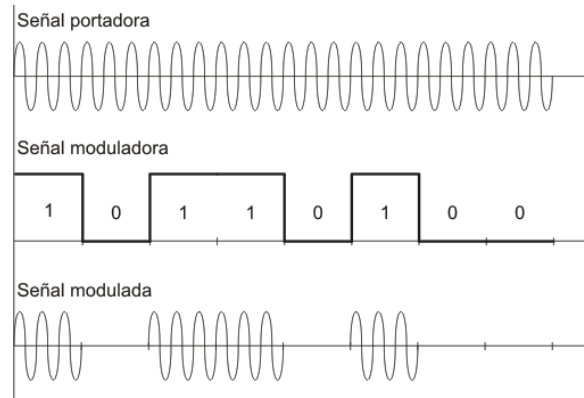
Figura 11. **Señal moduladora**



Fuente: <http://exemassa.wikispaces.com/transimision+en+telefon%C3%ADa,+medios+y+equipos>. Consulta: junio de 2014.

La señal portadora es sinusoidal, con determinada amplitud y una frecuencia mayor que de la señal moduladora. Se puede definir como se muestra en la figura 12.

Figura 12. **Señal modulada**



Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:Modulacion-ASK.gif>. Consulta: junio de 2014.

## **2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRÓNICA A UTILIZAR**

La electrónica es la física aplicada, la cual parte del estudio y aplicación de sistemas, cuyo funcionamiento se basa en la conducción y control del flujo de electrones u otras partículas que estén cargadas eléctricamente.

Existen dos ramas de la electrónica que van a interesar, las cuales son: analógica o análoga y digital.

### **2.1. Electrónica analógica**

La electrónica es la física aplicada, la cual parte del estudio y aplicación de sistemas, cuyo funcionamiento se basa en la conducción y control del flujo de electrones u otras partículas que estén cargadas eléctricamente.

La electrónica analógica considera y trabaja con valores continuos pudiendo tomar valores infinitos, se puede acotar que trata con señales que cambian en el tiempo de forma continua, porque estudia los estados de conducción y no conducción de los diodos y los transistores que sirven para diseñar cómputos en el álgebra con las cuales se fabrican los circuitos integrados.

#### **2.1.1. Componentes utilizados en la electrónica analógica**

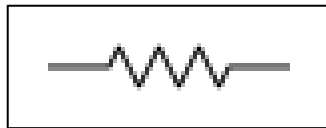
Para la realización de diseño de circuitos electrónicos son utilizados distintos dispositivos, según sea la funcionalidad del mismo, los dispositivos que serán de interés se mencionan a continuación.



### 2.1.1.1. Resistencia

Conocida también, como resistor es un elemento electrónico diseñado para introducir una resistencia eléctrica determinada entre dos puntos de un circuito eléctrico. En el propio argot eléctrico y electrónico son conocidos simplemente como resistencias. El símbolo de la resistencia en un circuito electrónico se representa como se ve en la figura 13. El ohmio (símbolo  $\Omega$ ) es la unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades.

Figura 13. **Símbolo eléctrico de una resistencia**



Fuente: <http://www.electronicasi.com/enseanzas/resistencia-electrica>. Consulta: junio de 2014.

Las resistencias o resistores son fabricadas principalmente de carbón y se presentan en una amplia variedad de valores. Hay resistencias con valores de Ohmios ( $\Omega$ ), Kiloohmios ( $K\Omega$ ), Megaohmios ( $M\Omega$ ). Los resistores se utilizan en los circuitos para limitar el valor de la corriente o para fijar el valor de la tensión. A diferencia de otros componentes electrónicos, los resistores no tienen polaridad definida.

#### 2.1.1.1.1. Ley de Ohm

La ley de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm, es una ley básica de la electricidad. Establece que la intensidad de la

corriente  $I$  que circula por un conductor es proporcional a la diferencia de potencial  $V$  que aparece entre los extremos del citado conductor.

Ohm completó la ley introduciendo la noción de resistencia eléctrica  $R$ ; esta es el coeficiente de proporcionalidad que aparece en la relación entre  $I$  y  $V$ :

$$V = I * R \quad \text{(Ecuación 2-1)}$$

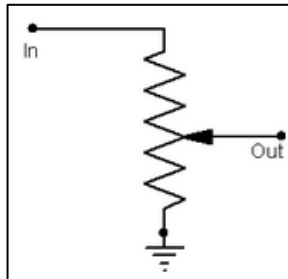
En la fórmula (2-1),  $I$  corresponde a la intensidad de la corriente,  $V$  a la diferencia de potencial y  $R$  a la resistencia. Las unidades que corresponden a estas tres magnitudes en el Sistema Internacional de Unidades son, respectivamente: amperios (A), voltios (V) y ohmios ( $\Omega$ ).

#### **2.1.1.1.2. Potenciómetros**

Los potenciómetros son resistencias, cuyo valor en ohmios varía en función de algún parámetro. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente. Para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia. El símbolo electrónico de un potenciómetro en un circuito electrónico se representa como se ve en la figura 14.

Figura 14. **Símbolo eléctrico de un potenciómetro**

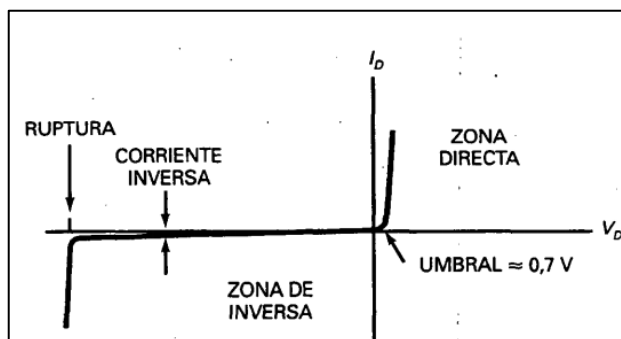


Fuente: <http://www.pisotones.com/Potes/Potes.htm>. Consulta: junio de 2014.

### 2.1.1.2. **Diodo ideal**

Es considerado como el elemento fundamental de circuitos no lineales, este puede estar construido de germanio o silicio. Una resistencia ordinaria es un dispositivo lineal esto debido a que la gráfica de su corriente en función de su tensión es una línea recta. Un diodo es diferente, es un dispositivo no lineal, porque la gráfica de la corriente en función del voltaje no es una línea recta, como se puede observar en la figura 15.

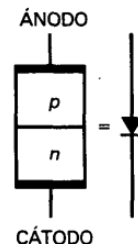
Figura 15. **Curva del diodo**



Fuente: MALVINO, Albert Paul. *Principios de electrónica*. p. 67.

Esto debido a que en el diodo existe una barrera de potencial, la corriente del diodo es pequeña; si la tensión del diodo supera esta barrera de potencial, la corriente de este se incrementa rápidamente. La figura 16 representa el símbolo electrónico de un diodo. Este dispositivo de dos terminales cuenta con el lado tipo p llamado ánodo y el lado tipo n es el cátodo. El símbolo del diodo es una flecha que apunta del lado p al lado n, es decir, el ánodo al cátodo.

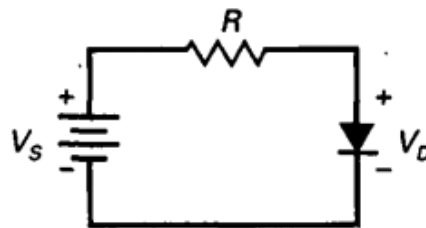
Figura 16. **Símbolo eléctrico del diodo**



Fuente: MALVINO, Albert Paul. *Principios de electrónica*. p. 66.

El diodo puede estar en dos estados, ya sea en polarización directa o inversa, cuando está polarizado directamente como en la figura 17, el diodo conduce, de lo contrario cuando está polarizado inversamente este no conduce.

Figura 17. **Polarización del diodo**



Fuente: MALVINO, Albert Paul. *Principios de electrónica*. p. 66.

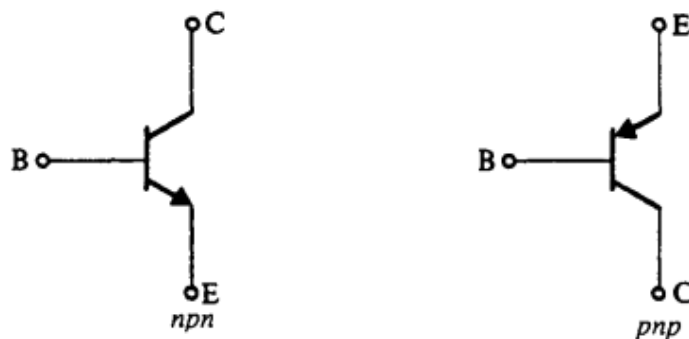
### 2.1.1.3. Transistor BJT

El transistor es un dispositivo semiconductor de tres terminales, este consta de dos uniones pn construidas de manera especial y conectadas en serie, espalda con espalda. La corriente es conducida por electrones y huecos y de aquí se deriva su nombre de transistor bipolar.

Este dispositivo es utilizado ampliamente en circuitos discretos y en el diseño de circuitos integrados, (IC) tanto analógicos como digitales.

Existen dos tipos transistores: el NPN y el PNP, y la dirección del flujo de la corriente en cada caso, lo indica la flecha que representa la corriente del emisor, como se puede observar en la figura 18.

Figura 18. Símbolos del transistor



Fuente: SEDRA, Adel S. *Circuitos microelectrónicos*. p. 234.

El transistor es un dispositivo de tres terminales, las cuales son: base, colector y emisor; coincidiendo siempre, el emisor con la terminal que tiene la flecha en el gráfico de transistor.

El transistor bipolar es un dispositivo que cumple con la función de amplificador de corriente, esto quiere decir que si se le introduce una cantidad de corriente por una de terminales, por lo general, la base entregará por otra de sus terminales (emisor), una cantidad mayor a esta en un factor que se llama amplificación, denotado  $\beta$  (beta), el cual viene dado por la fabricación de cada transistor.

Los principales parámetros del análisis para los transistores son: corriente de colector ( $I_c$ ), corriente de base ( $I_b$ ) y corriente de emisor ( $I_e$ ). Del análisis se denotan las siguientes ecuaciones:

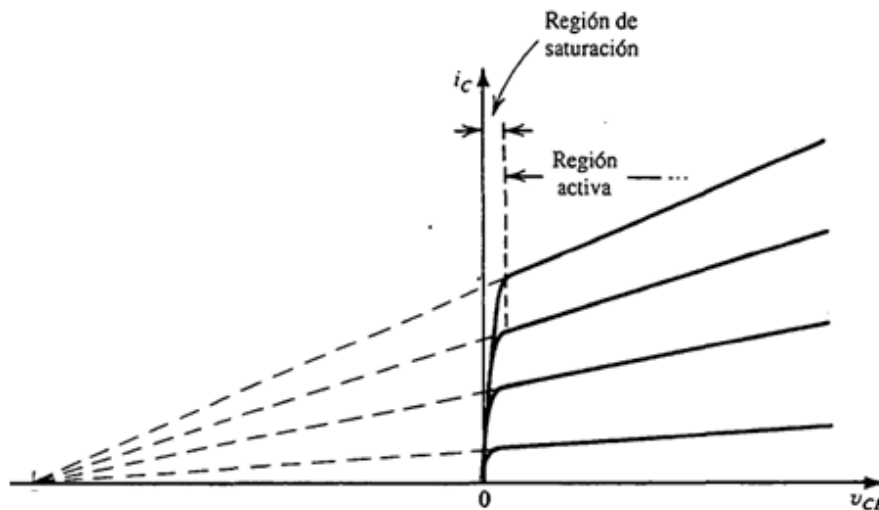
$$I_c = \beta * I_b \quad \text{(Ecuación 2-2)}$$

$$I_e = I_c + I_b \quad \text{(Ecuación 2-3)}$$

Como se puede observar en la ecuación (2-2) el valor de la corriente de colector es el resultado de la amplificación de la corriente de base. La ecuación (2-3) denota la corriente de emisor como la suma algebraica de la corriente de base y colector, en algunos casos se realiza la aproximación  $I_e \approx I_c$ , eso debido a que la corriente de base es mínima.

De las fórmulas (2-2) y (2-3) las corrientes de polarización no dependen del voltaje que alimenta el circuito ( $V_{cc}$ ), pero en la realidad si lo hace y la corriente  $I_b$  cambia ligeramente cuando se cambia  $V_{cc}$ . En la figura 19 se observa la curva característica del transistor:

Figura 19. **Curva característica del transistor**



Fuente: SEDRA, Adel S. *Circuitos microelectrónicos*. p. 240.

El transistor según su polarización puede trabajar en tres regiones, ya sea región de saturación, región activa y región de corte. La configuración que se le aplique al transistor dependerá de la función que se requiera alcanzar.

#### 2.1.1.4. **Capacitores**

El capacitor es un dispositivo pasivo, utilizado en circuitos electrónicos, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.

Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de láminas o placas, en situación de influencia total (esto es, que todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra) separadas por un material dieléctrico o por el vacío.

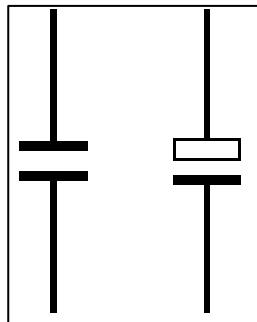
Las placas sometidas a una diferencia de potencial, adquieren una determinada carga eléctrica, positiva en una de ellas y negativa en la otra, siendo nula la variación de carga total.

La carga almacenada en una de las placas es proporcional a la diferencia de potencial entre esta placa y la otra, siendo la constante de proporcionalidad la llamada capacidad o capacitancia, como se observa en la ecuación (2-4).

$$C = \frac{Q1}{(V1 - V2)} = \frac{Q2}{(V1 - V2)} \quad \text{(Ecuación 2-4)}$$

La capacidad de 1 faradio es mucho más grande que la de la mayoría de los condensadores, por lo que en la práctica se suele indicar la capacidad en micro ( $\mu\text{F} = 10^{-6}$ ), nano ( $\text{nF} = 10^{-9}$ ), pico ( $\text{pF} = 10^{-12}$ ) faradios. El símbolo eléctrico del capacitor se puede observar en la figura 20. Los dos tipos de capacitores que se utilizarán en el diseño son: electrolíticos y cerámicos.

Figura 20. **Símbolo eléctrico del capacitor**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Condensador\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Condensador_el%C3%A9ctrico). Consulta: junio de 2014.



#### 2.1.1.4.1. Capacitores electrolíticos

Es un tipo de condensador que usa un líquido iónico conductor como una de sus placas. Típicamente con más capacidad por unidad de volumen que otros tipos de condensadores, son valiosos en circuitos eléctricos con relativa alta corriente y baja frecuencia. Este es especialmente el caso en los filtros de alimentadores de corriente, donde se usan para almacenar la carga, y moderar el voltaje de salida y las fluctuaciones de corriente en la salida rectificada. También son muy usados en los circuitos que deben conducir corriente continua, pero no corriente alterna.

Los condensadores electrolíticos pueden tener mucha capacitancia, permitiendo la construcción de filtros de muy baja frecuencia. Es un elemento polarizado, por lo que sus terminales no pueden ser invertidos como se puede observar en la figura 21. Generalmente, el signo de polaridad viene indicado en el cuerpo del capacitor

Figura 21. Capacitor electrolítico



Fuente: <http://neetescuela.com/capacidad-y-carga-de-un-capacitor>. Consulta: junio de 2014.

#### 2.1.1.4.2. Capacitores cerámicos

Estos suelen ser de dos tipos diferentes. Los de disco son los más comunes y tienen una forma muy simple: se trata de un disco de material aislante cerámico de elevada constante dieléctrica metalizado en sus dos caras. Sobre el metalizado se sueldan los dos pines de conexión resultando un dispositivo como el mostrado en la figura 22, en donde se observa el capacitor si su baño final de pintura epoxi que tapa el disco y parte de los terminales.

Figura 22. Capacitor cerámico



Fuente: <http://electronica-teoriaypractica.com/category/condensadores>. Consulta: junio de 2014.

Este tipo de capacitor se provee desde capacidades de 2,2 pF hasta .1 uF en tensiones relativamente bajas de 63V. Existen también cerámicos disco de mayor tensión para aplicaciones especiales que llegan a valores de 2 KV.

Asimismo se utiliza en constantes de tiempo bajas del orden del  $\mu$ S o menores aun. La tolerancia más común es del 5 por ciento y los de valores bajos hasta 100 pF no varían con la temperatura y se denominan NP0.

Los valores mayores pueden tener coeficientes de variación con la temperatura positivos o negativos, que algunas veces se utilizan para compensar el coeficiente del resistor y lograr una constante de tiempo fija que no varíe con la temperatura.

#### **2.1.1.5. Inductancias**

Un inductor, bobina o reactor es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético. El símbolo electrónico del inductor se observa en la figura 23.

Figura 23. **Símbolo electrónico del inductor**



Fuente: <http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-inductancias-bobinas.htm>. Consulta: junio de 2014.

Un inductor está constituido, normalmente, por una bobina de conductor, típicamente alambre o hilo de cobre esmaltado. Existen inductores con núcleo de aire o con núcleo hecho de material ferroso, para incrementar su capacidad de magnetismo.

Los inductores pueden también estar construidos en circuitos integrados, usando el mismo proceso utilizado para realizar microprocesadores. En estos casos se usa, comúnmente, el aluminio como material conductor. Sin embargo, es raro que se construyan inductores dentro de los circuitos integrados; es

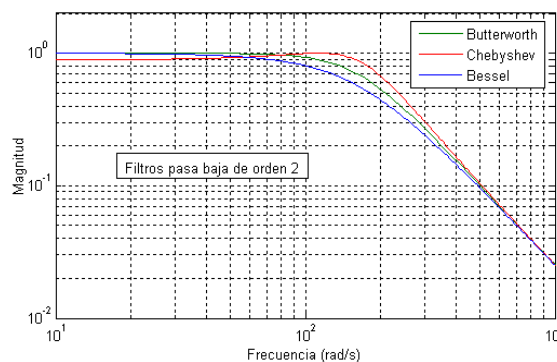
mucho más práctico usar un circuito llamado girador que, mediante un amplificador operacional, hace que un condensador se comporte como si fuese un inductor.

### 2.1.1.6. Filtros

Un filtro eléctrico o electrónico es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Una de las características importantes en el diseño de un filtro es la función de transferencia del mismo, con independencia de la realización concreta del filtro, salvo que debe ser lineal, (analógico, digital o mecánico) su forma de comportarse se describe por su función de transferencia. Esta determina la forma en que la señal aplicada cambia en amplitud y en fase, para cada frecuencia al atravesar el filtro. Los filtros más habituales son: Butterworth, Chebyshev, y Bessel. En la figura 24 se observa la gráfica de la función de transferencia.

Figura 24. Función de transferencia



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_electr%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_electr%C3%B3nico). Consulta: junio de 2014.

### 2.1.1.6.1. Filtros pasivos

Un filtro es un circuito electrónico que posee una entrada y una salida. En la entrada se introducen señales alternas de diferentes frecuencias y en la salida se extraen esas señales atenuadas en mayor o menor medida según la frecuencia de la señal. Si el circuito del filtro está formado por resistencias, condensadores y/o bobinas (componentes pasivos) el filtro se dirá que es un filtro pasivo.

Por otro lado, como de cada tipo de filtro existe un esquema básico que lo implementa y además es posible conectarlos en cascada (uno a continuación del otro), si el circuito del filtro está formado por el esquema o célula básica se dirá que es de primer orden. Será de segundo orden si está formado por dos células básicas, de tercer orden si lo está por tres, etc.

Según su respuesta en frecuencia, los filtros se pueden clasificar básicamente en cuatro categorías diferentes:

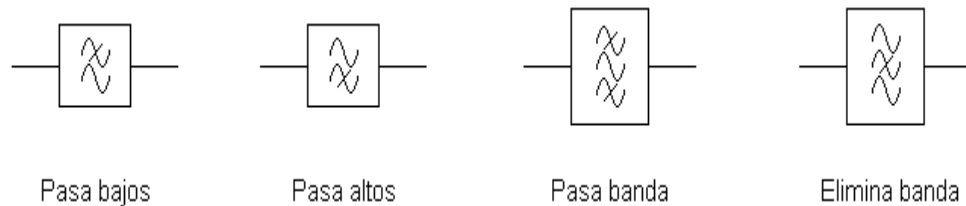
- Filtro pasa bajos: son aquellos que introducen muy poca atenuación a las frecuencias que son menores que una determinada, llamada frecuencia de corte. Las frecuencias que son mayores que la de corte son atenuadas fuertemente.
- Filtro pasa altos: este tipo de filtro atenúa levemente las frecuencias que son mayores que la frecuencia de corte e introducen mucha atenuación a las que son menores que dicha frecuencia.
- Filtro pasa banda: en este filtro existen dos frecuencias de corte, una inferior y otra superior. Este filtro solo atenúa grandemente las señales

cuya frecuencia sea menor que la frecuencia de corte inferior o aquellas de frecuencia superior a la frecuencia de corte superior. por tanto, solo permiten el paso de un rango o banda de frecuencias sin atenuar.

- Filtro elimina banda: este elimina en su salida todas las señales que tengan una frecuencia comprendida entre una frecuencia de corte inferior y otra de corte superior. Por tanto, eliminan una banda completa de frecuencias de las introducidas en su entrada.

Existe un símbolo para cada uno de estos filtros, símbolo que se usa en los diagramas de bloques de los aparatos electrónicos. Estos símbolos se muestran en la figura 25.

Figura 25. **Símbolos de filtros**



Fuente: <http://inigo.sendino.org/academico/index.php?title=Archivo:Filtros-simbolos.gif>.

Consulta: junio de 2014.

#### **2.1.1.6.2. Filtros activos**

Es un filtro electrónico analógico, distinguido por el uso de uno o más componentes activos (que proporcionan una cierta forma de amplificación de energía), que lo diferencian de los filtros pasivos que solamente usan

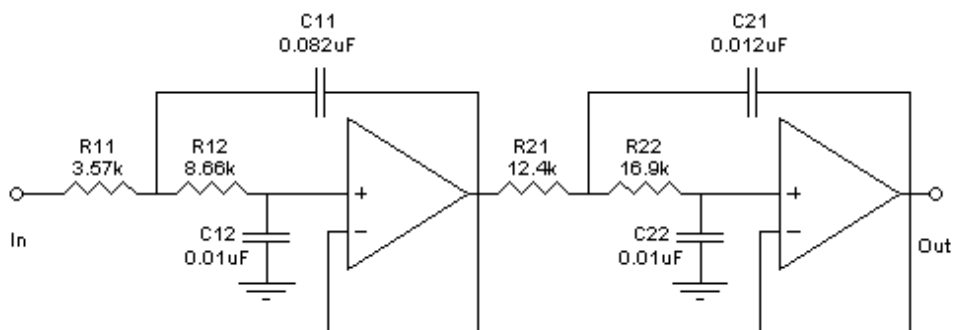
componentes pasivos. Típicamente este elemento activo puede ser un tubo de vacío, un transistor o un amplificador operacional.

Un filtro activo puede presentar ganancia en toda o parte de la señal de salida respecto a la señal de entrada. En su implementación se combinan elementos activos y pasivos, siendo frecuente el uso de amplificadores operacionales, que permite obtener resonancia y un elevado factor Q sin el empleo de bobinas.

Se pueden implementar, entre otros, filtros pasos bajo, paso alto, paso banda. Configuraciones de circuitos de filtro activo incluyen:

- Filtro de Sallen-Key, que se muestra en la figura 26
- Filtro de estado variable

Figura 26. **Filtro pasa bajo**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_de\\_Sallen-Key](http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_de_Sallen-Key). Consulta: junio de 2014.

### 2.1.1.7. Osciladores electrónicos

Es un circuito electrónico que produce una señal electrónica repetitiva, a menudo una onda sinusoidal o una cuadrada.

Oscilador es un circuito que genera una señal periódica, es decir, que produce una señal periódica a la salida sin tener ninguna entrada periódica. Los osciladores se clasifican en armónicos, cuando la salida es sinusoidal, o de relajación, si generan una onda cuadrada.

Un oscilador a cristal es un oscilador armónico, cuya frecuencia está determinada por un cristal de cuarzo o una cerámica piezoeléctrica.

Los sistemas de comunicación suelen emplear osciladores armónicos, normalmente controlados por cristal, como oscilador de referencia. Pero también osciladores de frecuencia variable.

La frecuencia se puede ajustar mecánicamente (condensadores o bobinas de valor ajustable) o aplicando tensión a un elemento, estos últimos se conocen como osciladores controlados por tensión o VCO, es decir, osciladores cuya frecuencia de oscilación depende del valor de una tensión de control. Y también es posible hallar osciladores a cristal controlados por tensión o VCXO.

Existen parámetros que son muy importantes para la utilización de un oscilador, los cuales son:

- Frecuencia: es la frecuencia del modo fundamental.
- Margen de sintonía, para los de frecuencia ajustable, es el rango de ajuste.



- Potencia de salida y rendimiento: el rendimiento es el cociente entre la potencia de la señal de salida y la potencia de alimentación que consume.
- Nivel de armónicos: potencia del armónico referida a la potencia del fundamental, en dB.
- Pulling: variación de frecuencia del oscilador al variar la carga.
- Pushing: variación de frecuencia del oscilador al variar la tensión de alimentación.
- Deriva con la temperatura: variación de frecuencia del oscilador al variar la temperatura.
- Ruido de fase o derivas instantáneas de la frecuencia.
- Estabilidad de la frecuencia a largo plazo, durante la vida del oscilador.

## **2.2. Electrónica digital**

La electrónica digital es una rama de electrónica en la cual se estudia o se aplica solo dos estados de valores, magnitudes o tensiones: alto-bajo, cero-uno. En la representación digital los valores no se denotan por valores proporcionales, sino por símbolos llamados dígitos.

Cuando se manejan diversos valores es importante que se pueda representar sus cantidades o magnitud con eficiencia y exactitud. Los sistemas digitales son una combinación de dispositivos diseñada para manejar cantidades físicas o información que están representadas de forma digital; esto es, que solo pueden tomar valores discretos.

Estos dispositivos pueden ser magnéticos, neumáticos, mecánicos o electrónicos. Algunos de los sistemas digitales más conocidos son los relojes

digitales, las computadoras, las calculadoras digitales y los controladores de señales del tráfico.

Los equipos digitales utilizan el sistema de números binarios, que tiene dos dígitos 0 y 1. Un dígito binario se denomina un bit. La información está representada en las computadoras digitales en grupos de bits.

Utilizando diversas técnicas de codificación los grupos de bits pueden hacerse que representen no solamente números binarios sino también otros símbolos discretos cualesquiera, tales como dígitos decimales o letras de alfabeto. Utilizando arreglos binarios y diversas técnicas de codificación, los dígitos binarios o grupos de bits pueden utilizarse para desarrollar conjuntos completos de instrucciones para realizar diversos tipos de cálculos.

La información binaria se representa en un sistema digital por cantidades físicas denominadas señales, las señales eléctricas tales como voltajes existen a través del sistema digital en cualquiera de dos valores reconocibles y representan una variable binaria igual a 1 o 0.

Por ejemplo, un sistema digital particular puede emplear una señal de 3 volts para representar el binario 1 y 0,5 volts para el binario 0. En la figura 27 se muestra un ejemplo de una señal binaria.

Figura 27. **Señal binaria**



Fuente: [http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp\\_log.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp_log.htm). Consulta: junio de 2014.

En la figura 27, cada valor binario tiene una desviación aceptable del valor nominal. La región intermedia entre las dos regiones permitidas se cruza solamente durante la transición de estado. Los terminales de entrada de un circuito digital aceptan señales binarias dentro de las tolerancias permitidas y los circuitos responden en los terminales de salida con señales binarias que caen dentro de las tolerancias permitidas.

### **2.2.1. Componentes utilizados en la electrónica digital**

Para la realización de diseño de circuitos electrónicos son utilizados distintos dispositivos, según sea la funcionalidad del mismo, los que serán de interés se mencionan a continuación.

### **2.2.1.1. Compuertas lógicas**

La lógica binaria tiene que ver con variables binarias y con operaciones que toman un sentido lógico. La manipulación de información binaria se hace por circuitos lógicos que se denominan compuertas.

Las compuertas son bloques del hardware que producen señales en binario 1 o 0 cuando se satisfacen los requisitos de entrada lógica. Las diversas compuertas lógicas se encuentran comúnmente en sistemas de computadoras digitales.

Cada compuerta tiene un símbolo gráfico diferente y su operación puede describirse por medio de una función algebraica. Las relaciones entrada-salida de las variables binarias para cada compuerta pueden representarse en forma tabular en una tabla de verdad.

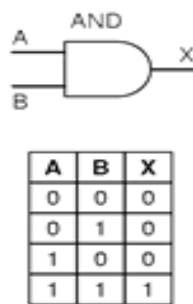
A continuación se mencionan las principales compuertas son utilizadas para el diseño de circuitos electrónicos.

#### **2.2.1.1.1. Compuerta AND**

Una compuerta lógica tiene dos variables de entrada designadas por A y B y una salida binaria designada por x. La compuerta AND produce la multiplicación lógica AND: esto es: la salida es 1 si la entrada A y la entrada B están ambas en el binario 1: de otra manera, la salida es 0. Estas condiciones, también son especificadas en la tabla de verdad para la compuerta AND. La tabla muestra que la salida x es 1 solamente cuando ambas entradas A y B están en 1.

El símbolo de operación algebraico de la función AND es el mismo que el símbolo de la multiplicación de la aritmética ordinaria (\*). Las compuertas AND pueden tener más de dos entradas y por definición, la salida es 1 si todas las entradas son 1. En la figura 28 se muestra su simbología y tabla de verdad.

Figura 28. **Compuerta AND**



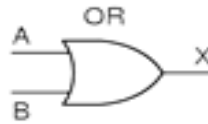
Fuente: [http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp\\_log.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp_log.htm). Consulta: junio de 2014.

### 2.2.1.1.2. **Compuerta OR**

La compuerta OR produce la función sumadora, esto es, la salida es 1 si la entrada A o la entrada B o ambas entradas son 1; de otra manera, la salida es 0. El símbolo algebraico de la función OR (+), es igual a la operación de aritmética de suma.

Las compuertas OR pueden tener más de dos entradas y por definición la salida es 1 si cualquier entrada es 1. En la figura 29 se muestra su simbología y su tabla de verdad.

Figura 29. **Compuerta OR**



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

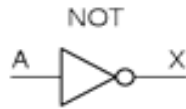
Fuente: [http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp\\_log.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp_log.htm). Consulta: junio de 2014.

### 2.2.1.1.3. **Compuerta NOT**

La compuerta NOT es un inversor que invierte el nivel lógico de una señal binaria. Produce el NOT, o función complementaria. El símbolo algebraico utilizado para el complemento es una barra sobre el símbolo de la variable binaria.

Si la variable binaria posee un valor 0, la compuerta NOT cambia su estado al valor 1 y viceversa. El círculo pequeño en la salida de un símbolo gráfico de un inversor designa un inversor lógico. Es decir cambia los valores binarios 1 a 0 y viceversa. En la figura 30 se muestra su simbología y su tabla de verdad.

Figura 30. **Compuerta NOT**



A	X
0	1
1	0

Fuente: [http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp\\_log.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp_log.htm). Consulta: junio de 2014.

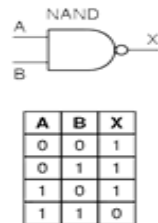
#### 2.2.1.1.4. **Compuerta NAND**

La compuerta NAND es el complemento de la función AND, como se indica por el símbolo gráfico, que consiste en una compuerta AND seguida por un pequeño círculo (quiere decir que invierte la señal).

La designación NAND se deriva de la abreviación NOT - AND. Una designación más adecuada habría sido AND invertido, puesto que es la función AND la que se ha invertido.

La compuerta NAND puede tener más de dos entradas, y la salida es siempre el complemento de la función AND. En la figura 31 se muestra su simbología y su tabla de verdad.

Figura 31. **Compuerta NAND**

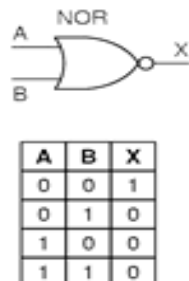


Fuente: [http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp\\_log.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp_log.htm). Consulta: junio de 2014.

#### 2.2.1.1.5. **Compuerta NOR**

La compuerta NOR es el complemento de la compuerta OR y utiliza el símbolo de la compuerta OR seguido de un círculo pequeño (quiere decir que invierte la señal). Esta puede tener más de dos entradas, y la salida es siempre el complemento de la función OR. En la figura 32 se muestra su simbología y su tabla de verdad.

Figura 32. **Compuerta NOR**



Fuente: [http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp\\_log.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/int/comp_log.htm). Consulta: junio de 2014.



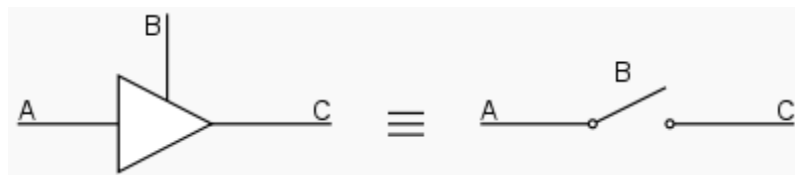
### 2.2.1.2. Buffer-triestado

En electrónica digital, la lógica triestado permite puertos de salida con valor 0,1 o Hi-Z (High Impedance). Es este último estado el que proporciona los buffer triestado. El estado Hi-Z pone la salida en alta impedancia, haciendo que el pin ya no tenga relevancia en el circuito.

Normalmente, la intención de este estado es permitir a varios circuitos compartir el mismo bus o línea de salida. O también, permitir a un dispositivo monitorizar señales sin afectar a la señal (en convertidores analógico/digital).

En la figura 33 se observa que un buffer triestado es como un interruptor, esto cuando en la entrada B hay un 1 funciona como si el interruptor estuviera activado, mientras que si hay un 0 actúa como si estuviera desactivado.

Figura 33. Símbolo electrónico buffer triestado



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Buffer\\_triestado](http://es.wikipedia.org/wiki/Buffer_triestado). Consulta: junio de 2014.

### 2.2.1.3. Circuito integrado MAX232

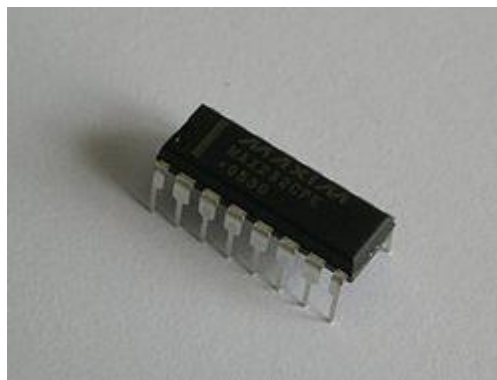
El MAX232 es un circuito integrado de Maxim que convierte las señales de un puerto serie RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de circuitos lógicos. El MAX232 sirve como interfaz de transmisión y recepción para las señales RX, TX, CTS y RTS.

El circuito integrado tiene salidas para manejar niveles de voltaje del RS - 32 (aprox.  $\pm 7.5$  V) que las produce a partir de un voltaje de alimentación de +5 V utilizando multiplicadores de voltaje internamente en el MAX232 con la adición de condensadores externos. Esto es de mucha utilidad para la implementación de puertos serie RS-232 en dispositivos que tengan una alimentación simple de + 5 V.

Las entradas de recepción de RS-232 (las cuales pueden llegar a  $\pm 25$  V), se convierten al nivel estándar de 5 V de la lógica TTL. Estos receptores tienen un umbral típico de 1.3 V, y una histéresis de 0.5 V.

La versión MAX232A es compatible con la original MAX232, y tiene la mejora de trabajar con mayores velocidades de transferencia de información (mayor tasa de baudios), lo que reduce el tamaño de los condensadores externos utilizados por el multiplicador de voltaje, – 0.1  $\mu$ F en lugar del 1.0  $\mu$ F usado en el dispositivo original. En la figura 34 se muestra una fotografía del circuito integrado.

Figura 34. **CI MAX232**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/MAX232>. Consulta: junio de 2014.

#### 2.2.1.4. Circuito integrado LM567

El circuito integrado LM567 es un detector de tonos limitador de tensión que posee internamente un PLL (Phase Locked Loop) y un detector de fase en cuadratura, el cual responde con un nivel lógico bajo cuando la señal de entrada al integrado coincide con la frecuencia central de enganche del PLL.

El circuito integrado funciona para cierta frecuencia y está limitado a que el voltaje de entrada no puede exceder de 0.2 voltios, de lo contrario se dañaría. Para el cálculo de la frecuencia de trabajo viene dado por la ecuación 2-5.

$$f_o = \frac{1}{1.1 * R1 * C1} \quad \text{(Ecuación 2-5)}$$

Donde:

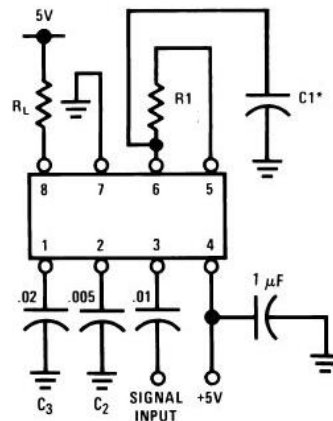
R1: valor de resistencia en ohm

C1: la capacitancia en faradios

El circuito integrado funciona para cierta frecuencia y está limitado a que el voltaje de entrada no puede exceder de 0.2 voltios. Para el cálculo de la frecuencia de trabajo viene dado por la ecuación (2-5).

De la ecuación 2-5 la resistencia R1 y el capacitor C1 son los que se utilizan en la circuitería externa para la configuración del mismo, lo cual se observa en la figura 35.

Figura 35. Diagrama CI LM567



Fuente: <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/8984/NSC/LM567.html>. Consulta: junio de 2014.

### 2.3. Microcontroladores

Un microcontrolador (abreviado  $\mu\text{C}$ , UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o  $\mu\text{W}$ ). Por lo general, tendrá la capacidad para mantener la funcionalidad a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción, el consumo de energía durante el sueño (reloj de la CPU y los periféricos de la mayoría) puede ser sólo nano vatios, lo que hace que muchos de ellos muy adecuados para aplicaciones con batería de larga duración.

Otros microcontroladores pueden servir para roles de rendimiento crítico, donde sea necesario actuar más como un procesador digital de señal (DSP), con velocidades de reloj y consumo de energía más altos.

Cuando es fabricado, el microcontrolador no contiene datos en la memoria ROM. Para que pueda controlar algún proceso es necesario generar o crear y luego grabar en la EEPROM o equivalente del microcontrolador algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje para microcontroladores.

Para que el programa pueda ser grabado en la memoria del microcontrolador, debe ser codificado en sistema numérico hexadecimal que es finalmente el sistema que hace trabajar al microcontrolador cuando este es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos para su funcionamiento. En la figura 36 se observa cómo es físicamente un microcontrolador de 40 pines. Según sea la aplicación que se desee desarrollar se deberá de buscar el que mejor se pueda acoplar a las necesidades del mismo, teniendo en cuenta la memoria, pines disponibles, convertidores A/C, etc.

Figura 36. **Microcontrolador 16F887 de 40 pines**



Fuente: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2548/1/93397243.pdf>. Consulta: junio de 2014.

## **2.4. Herramientas a utilizar**

Para la realización del diseño van a ser necesarias ciertas herramientas que se complementen con los circuitos electrónicos a trabajar, de tal manera que el funcionamiento del mismo sea eficiente, los conceptos de importancia son mencionados a continuación:

### **2.4.1. Control de acceso**

Los sistemas de control de acceso son la tecnología con más demanda en el mercado actual, se ha migrado de sistemas mecánicos y con personal especializado, a tener procesos de control de entrada y salida completamente automatizados con diferentes tipos de tecnologías y dispositivos. Es importante realizar un estudio adecuado, segmentando las zonas, los grupos de acceso, los horarios permitidos, el nivel de acceso de cada usuario, medir la cantidad de personas o carros que transitan por cada zona y establecer claramente los objetivos de cada control de acceso.

Es importante el estudio y diseño previo a cualquier instalación y puesta en marcha de un proyecto de seguridad y control de acceso. Una adecuada integración de los dispositivos electrónicos con los electromecánicos permitirá incluso reducir drásticamente los costos de personal y totales del proyecto, haciendo incluso que un sistema de control de accesos se pueda pagar literalmente solo en un tiempo muy corto.

### **2.4.2. Escáner de código de barras**

Escáner que, por medio de un láser lee un código de barras y emite el número que muestra el código de barras, no la imagen. Hay escáner de mano y fijos, como los que se utilizan en las cajas de los supermercados.

Tiene varios medios de conexión: los más modernos por orden de aparición USB, bluetooth, wifi, los más viejos puerto serie, incluso directamente al puerto PS2 del teclado por medio de un adaptador, cuando se pasa un código de barras por el escáner es como si se hubiese escrito en el teclado el número del código de barras.

Un escáner para lectura de códigos de barras básicas consiste en el escáner propiamente dicho, un decodificador y un cable o antena wifi que actúa como interfaz entre el decodificador y el terminal o la computadora.

La función del escáner es leer el símbolo del código de barras y proporcionar una salida eléctrica a la computadora, correspondiente a las barras y espacios del código de barras. Sin embargo, es el decodificador el que reconoce la simbología del código de barras, analiza el contenido del código de barras leído y transmite dichos datos a la computadora en un formato de datos tradicional.

Un escáner puede tener el decodificador incorporado en el mango o puede tratarse de un escáner sin decodificador que requiere una caja separada, llamada interfaz o emulador. Los escáneres sin decodificador también se utilizan cuando se establecen conexiones con escáneres portátiles tipo *batch* (por lotes) y el proceso de decodificación se realiza mediante el terminal propiamente dicho. Fue creado en el 2005.

Los lectores de códigos de barras son muy importantes para reconocer rápidamente un artículo en cualquier punto de la cadena logística, para realizar inventarios, controlar el *stock*, el ingreso y las ventas de cualquier artículo en todo tipo de industrias.

Los códigos de barras se leen pasando un pequeño punto de luz sobre el código de barras impreso. Se ve una línea roja emitida desde el escáner láser, las barras oscuras absorben la fuente de luz del escáner, la cual se refleja en los espacios luminosos. Un dispositivo del escáner toma la luz reflejada y la convierte en una señal eléctrica.

El láser del escáner comienza a leer el código de barras en un espacio blanco antes de la primera barra y continúa pasando hasta la última línea. Mientras más larga sea la información a codificar, más largo será el código de barras necesario. A medida que la longitud se incrementa, también lo hace la altura de las barras y los espacios a leer.

#### **2.4.2.1. Código de barras**

Es un código basado en la representación mediante un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que en su conjunto contienen una determinada información, es decir, las barras y espacios del código representan pequeñas cadenas de caracteres. De este modo, este permite reconocer rápidamente un artículo de forma única, global y no ambigua en un punto de la cadena logística y así poder realizar inventario o consultar sus características asociadas.



La correspondencia o mapeo entre la información y el código que la representa se denomina simbología. Estas simbologías pueden ser clasificadas en grupos atendiendo a dos criterios diferentes:

- Continua o discreta: en las simbologías continuas los caracteres comienzan con un espacio y en el siguiente comienzan con una barra (o viceversa). Sin embargo, en las simbologías discretas los caracteres comienzan y terminan con barras y el espacio entre caracteres es ignorado y generalmente de poca anchura.
- Bidimensional o multidimensional: en las simbologías bidimensionales las barras pueden ser anchas o estrechas. Sin embargo, las barras en las simbologías multidimensionales son múltiplos de una anchura determinada ( $X$ ). De esta forma se emplean barras con anchura  $X$ ,  $2X$ ,  $3X$ , y  $4X$ .

#### **2.4.2.1.1. Nomenclatura del código de barras**

Como se puede apreciar en la figura 37, el funcionamiento del código de barras depende de 4 parámetros los cuales se mencionan a continuación.

- (1) Módulo: es la unidad mínima o básica de un código. Las barras y espacios están formados por un conjunto de módulos.
- (2) Barra: el elemento oscuro dentro del código. Se hace corresponder con el valor binario 1.
- (3) Espacio: el elemento claro dentro del código. Se hace corresponder con el valor binario 0.

- (4) Carácter: formado por barras y espacios. Normalmente se corresponde con un carácter alfanumérico.

Funciones técnicas de los caracteres contenidos en un código de barras:

- 1: Quiet Zone
- 2: Carácter inicio (derecha), Carácter terminación (izquierda)
- 3: Carácter de datos
- 4: Checksum

Figura 37. **Funciones técnicas de los caracteres del código de barras**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo\\_de\\_barras](http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_barras). Consulta: junio de 2014.

### 2.4.3. Bases de datos

Se define una base de datos como una serie de datos organizados y relacionados entre sí, los cuales son recolectados y explotados por los sistemas de información de una empresa o negocio en particular.

Una base de datos es un almacén que permite guardar grandes cantidades de información de forma organizada para que luego se pueda

encontrar y utilizar fácilmente. A continuación se presenta una guía que te explicará el concepto y características de las bases de datos.

El término de bases de datos fue escuchado por primera vez en 1963, en un simposio celebrado en California, USA. Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada.

Desde el punto de vista informático, la base de datos es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.

Cada base de datos se compone de una o más tablas que guarda un conjunto de datos. Cada tabla tiene una o más columnas y filas. Las columnas guardan una parte de la información sobre cada elemento que se quiera guardar en la tabla, cada fila de la tabla conforma un registro.

#### **2.4.3.1. Características de bases de datos**

Entre las principales características de los sistemas de base de datos se puede mencionar:

- Independencia lógica y física de los datos
- Redundancia mínima
- Acceso concurrente por parte de múltiples usuarios
- Integridad de los datos
- Consultas complejas optimizadas
- Seguridad de acceso y auditoría

- Respaldo y recuperación
- Acceso a través de lenguajes de programación estándar

#### **2.4.4. Compilador MikroBasic**

MikroBasic PRO para PIC es un potente compilador de basic para microcontroladores PIC de Microchip. Está diseñado para el desarrollo, construcción y depuración de aplicaciones embarcadas basadas en PIC.

Figura 38. **Logo MikroBasic**



Fuente: <http://www.mikroe.com/forum/viewtopic.php?f=91&t=26979>. Consulta: junio de 2014.

Este ambiente de desarrollo tiene una variedad de características como IDE fácil de usar, código compacto y eficiente, bibliotecas de software y hardware, documentación completa, simulador de software, soporte al depurador de hardware, generación de archivos COFF. Numerosos ejemplos listos para usar, que le da un buen comienzo para proyectos integrados.



### **3. FUNCIONAMIENTO DEL DISEÑO DE DOMOTIZACIÓN**

#### **3.1. Funcionamiento de diseño**

La realización del diseño de domotización y control de acceso del laboratorio de electrónica en la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, está basado en un sistema de domotización con arquitectura centralizada, el cual utiliza como protocolo de comunicación PLC (Power Line Communications), es una herramienta de gran ayuda tanto para el laboratorio de electrónica como para los estudiantes de la escuela de mecánica eléctrica.

El diseño de domotización consiste en que al momento de ingresar al laboratorio, el estudiante deberá mostrar su carne al lector de código de barras, los datos serán enviados por bluetooth directamente a una máquina central, la cual cuenta con la base de datos.

La máquina central se comunicará por medio de la red eléctrica con cada dispositivo independiente utilizando modulación ASK, ya sea una máquina o una lámpara fluorescente, esto según sea la máquina que está asignada para el alumno registrado o para la iluminación. Al recibir las instrucciones cada dispositivo realizará la acción que le corresponda, al momento de realizar la acción se registrará en la base de datos.

Este diseño permitirá optimización de tiempo en lo que corresponde al ingreso del laboratorio, mejorará la utilización de las máquinas por parte de los

alumnos y automatizará la iluminación del laboratorio, esto sin necesidad de la instalación de cableado.

### **3.2. Control de acceso**

El diseño cuenta con un control de acceso el cual consiste básicamente en registrar en una base de datos, el ingreso de los estudiantes al laboratorio de electrónica, esto para poder enviar las instrucciones a la máquina que le corresponde a cada alumno y así optimizar tiempo.

#### **3.2.1. Adquisición de datos**

La adquisición de datos se realiza mediante la marcación del carné del estudiante en el lector de código de barras, una vez hecho esto la información del estudiante es enviada por medio de bluetooth a la máquina central, esta información se irá almacenando en una base de datos, cada estudiante tendrá asignada una máquina dependiendo del horario y el laboratorio que está cursando.

Mediante la utilización de la base de datos se podrá indicar que máquina le corresponde, este dato será almacenado en una variable y así se podrá saber a cuál máquina se deberá de mandar la instrucción que se desee realizar en ese momento.

#### **3.2.2. Dispositivos a utilizar**

Para la adquisición de datos del alumno se utilizará un lector de código de barras láser bluetooth MS860 marca UNITECH como el de la figura 39, este

lector cuenta con el envío de datos inalámbrico por medio de bluetooth con capacidad de hasta 30 metros y la facilidad de ser un dispositivo plug and play.

Figura 39. **Lector de código de barras MS860**



Fuente: <http://identific-ar.com.ar/ms860.htm>. Consulta: junio de 2014.

La recepción de los datos obtenidos del lector de código de barras se hace vía Bluetooth, la manera en la que funciona es que al momento de leer los datos y ser enviados se van almacenando en un archivo de Excel, el cual se almacenará en la máquina central.

Para lograr el funcionamiento óptimo del diseño es necesario la utilización de una base de datos, la cual debe contar con el código de barras correspondiente para cada carnet de estudiante del laboratorio, esto para que al momento de que un estudiante ingrese al laboratorio se pueda comparar en la base de datos, qué alumno es el que está ingresando, y cuál es la máquina que le corresponde utilizar, de esta manera se facilita la comunicación entre la máquina central y el estudiante.



Una vez que se tenga identificada la máquina a la cual se debe enviar los datos, utilizando una interfaz de comunicación entre la máquina y el microcontrolador, se enviarán desde la máquina central las instrucciones a cada usuario.

### **3.3. Máquina central (controlador central)**

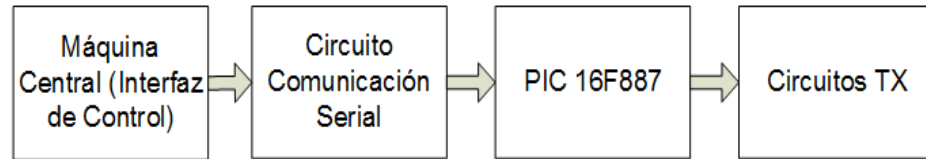
Como se ha mencionado para la elaboración del diseño de domotización y control de acceso del laboratorio de electrónica en la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, se utiliza una arquitectura centralizada.

La función principal del controlador central es el distribuir las instrucciones a los distintos dispositivos, el de leer constantemente variables provenientes de sensores, esto de tal manera que se logre establecer una comunicación estable y asegurar a los usuarios un funcionamiento eficiente.

El controlador central del diseño será el encargado de recibir los datos provenientes del lector de código de barras, esta máquina tendrá que almacenar dichos datos en una base de datos y a partir de la identificación de la máquina que le corresponde al alumno se procederá, por medio de comunicación serial utilizando un microcontrolador 16F887, el envío de instrucciones a través de la red eléctrica del laboratorio.

Para que las instrucciones puedan ser enviadas de una mejor manera son necesarios varios circuitos que en conjunto formarán el módulo de transmisión permitiendo el envío de los datos a través de la red. El diagrama de bloques para la transmisión se presenta en la figura 40.

Figura 40. **Diagrama de bloques módulo transmisor**



Fuente: elaboración propia.

Además, para el envío de datos desde la máquina central se deberá crear una interfaz de comunicación en cualquier lenguaje de programación como Matlab, por ejemplo, el cual a partir de la identificación de la máquina esclava con la que se desea comunicar enviará un número de 1 a 12 el cual será el número correspondiente a la máquina, o de 13 a 16 para encender o apagar las luces de laboratorio.

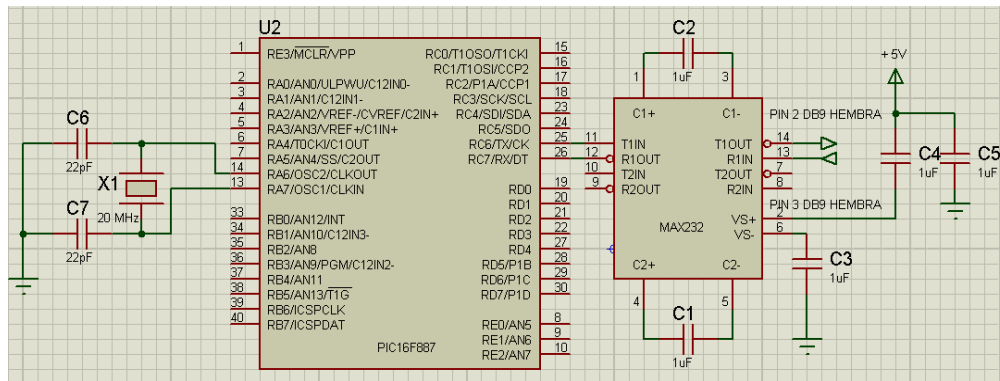
Para realizar el envío de los datos se toma en cuenta que la modulación ASK se acopla a las necesidades del diseño y es más sencilla su implementación, además, otro factor a tomar en cuenta es que la frecuencia de la señal de la red eléctrica es de 60 Hz por lo que se elige una frecuencia para la señal portadora de 120 KHz, esto para diferenciar la señal modulada y la señal de la red eléctrica.

### **3.3.1. Comunicación máquina central-microcontrolador**

Para hacer posible la comunicación entre la máquina central y el microcontrolador, el cual será el encargado de enviar los datos a la red eléctrica por medio de un circuito transmisor, se realizará utilizando el puerto serial de la computadora y el CI MAX232 que en conjunto con el

microcontrolador permitirán la comunicación serial UART, la conexión para dicha configuración se muestra en la figura 41.

Figura 41. Diagrama esquemático comunicación PC–microcontrolador



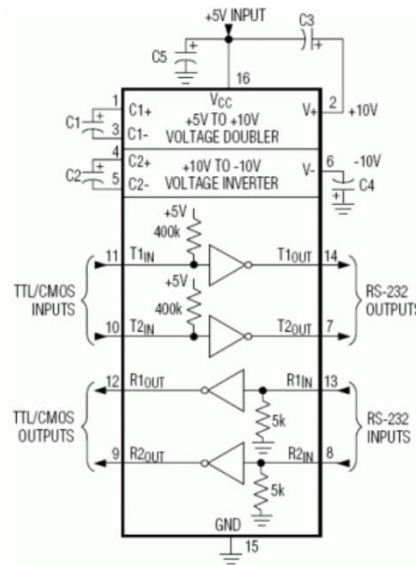
Fuente: elaboración propia.

La necesidad de esta configuración es para establecer y acoplar una comunicación entre el PIC y la computadora. Como se puede observar en la figura 41 el microcontrolador 16F887 cuenta con dos pines para la comunicación serial UART, los cuales son el pin 6 del puerto C (TX) y el pin 7 del puerto C (RX).

El pin 6 del puerto C del PIC se conecta con el pin 11 del CI (T1 IN), y el pin 7 del puerto C del PIC se conecta con el pin 12 del CI (R1 OUT), a su vez los pines 14(T1 OUT) y 13 (R1 IN) del CI van conectados al puerto serial de la computadora al pin 2 y al 3 del conector DB9 hembra, algo muy importante a considerar en la comunicación serial es que el TX del MAX232 debe de ir conectado al RX del puerto serial y el RX conectado al TX del puerto serial, de no ser así la comunicación no se podrá establecer. La configuración que se

explicó anteriormente funciona debido a la circuitería interna que tiene el CI MAX232, como se muestra en la figura 42.

Figura 42. **Circuitería interna del CI MAX232**



Fuente: <http://www.maximintegrated.com/en/products/interface/transceivers/MAX232>. Consulta: junio de 2014.

Los capacitores conectados entre V+ y V- se utilizan para reducir el ruido en la comunicación. En el diagrama de la figura 41 se ven dos capacitores de 22pF y un oscilador de cristal de cuarzo de 20 MHz, el cual va conectado entre los pines 13 y 14 del puerto A del microcontrolador, esto si se desea utilizar la configuración del oscilador externo para el microcontrolador.

La principal ventaja del oscilador externo es que se logra una frecuencia más exacta en la transmisión y recepción de datos. Otra opción es la habilitación del oscilador interno del microcontrolador el cual es de 8 MHz, el cual, por lo general, no presenta ningún inconveniente. Para esta operación se

deben de habilitar los registros microcontrolador mediante programación, el compilador utilizado para este diseño es MikroBasic, el código de la programación se extiende en la sección de apéndices.

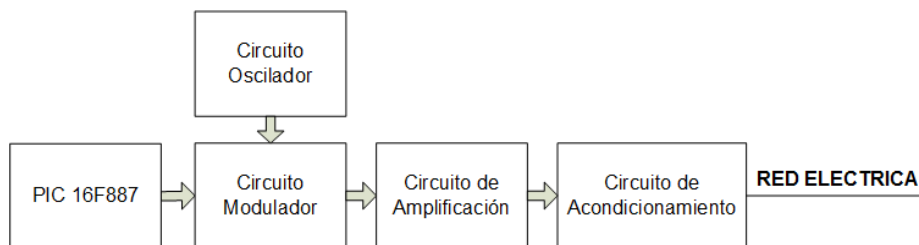
Luego de tener dicha configuración establecida y el firmware cargado en el microcontrolador ya se podrá realizar la comunicación entre la computadora y el microcontrolador.

### 3.4. Módulo transmisor

La función principal del módulo transmisor es enviar los datos recibidos del microcontrolador a través de la red eléctrica, con el objetivo que en el otro punto de comunicación el módulo receptor sea capaz de analizar los datos que se están enviando y según sea la instrucción, este realice la acción deseada.

Para la construcción del módulo de transmisión es necesario la realización de varias etapas como lo son un circuito oscilador, circuito de modulación, circuito de amplificación, circuito de acondicionamiento de la red. El diagrama de bloques del módulo transmisor se muestra en la figura 43.

Figura 43. Diagrama de bloques módulo transmisor



Fuente: elaboración propia.

El envío de datos estará distribuido de la siguiente manera, se utilizará una cadena de 7 bits, por ejemplo: 100001, el primer bit será el bit de inicialización, los siguientes cuatro identificarán la máquina con la que se desea comunicar, y el último indicará el encendido o apagado de la misma.

La cadena de caracteres será enviada por la red eléctrica mediante modulación ASK, con una frecuencia portadora de 120KHz, esta frecuencia es mucho más alta que la frecuencia de la red de manera que al momento de entrar a un filtro no deje pasar a la de 60 Hz, la cadena entrará al microcontrolador ubicado en cada una de las máquinas o dispositivos a utilizar encendiendo o apagando estos, según sea el caso de la cadena de bits enviada.

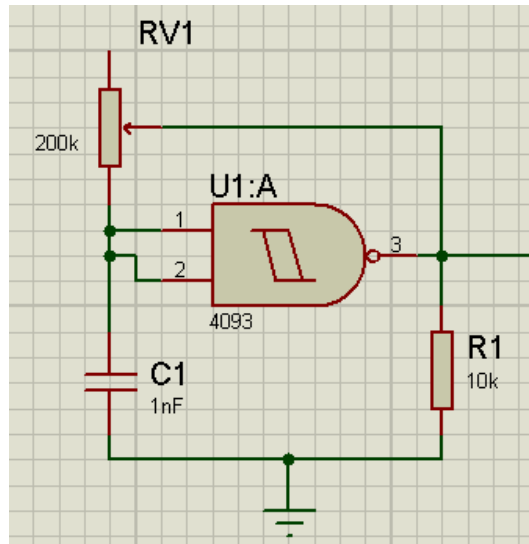
Cada uno de los circuitos que se muestran en la figura 43 tienen una función fundamental en el diseño, ya que en conjunto hacen posible el envío de los datos, la función de cada uno de estos circuitos serán explicados a continuación.

#### **3.4.1. Circuito oscilador**

El circuito oscilador será el encargado de generar la señal portadora de 120 kHz, para la construcción del circuito oscilador se utilizan los siguientes componentes:

- 1 compuerta NAND 4093
- 1 resistencia de 10 K $\Omega$
- 1 potenciómetro variable de 20K $\Omega$
- 1 capacitor de 1nF
- 1 fuente DC de 5 V

Figura 44. Diagrama esquemático circuito oscilador



Fuente: elaboración propia.

El oscilador será de onda cuadrada, el cual dependerá del tiempo de carga y descarga del capacitor C1 a través de la resistencia variable, que se ve en el diagrama esquemático del oscilador en la figura 44, para poder ajustarla a la frecuencia de la portadora deseada se hace mediante el cálculo de:

$$f = \frac{1}{(R * C)} \quad \text{(Ecuación 3-1)}$$

Donde:

R: resistencia en ohms

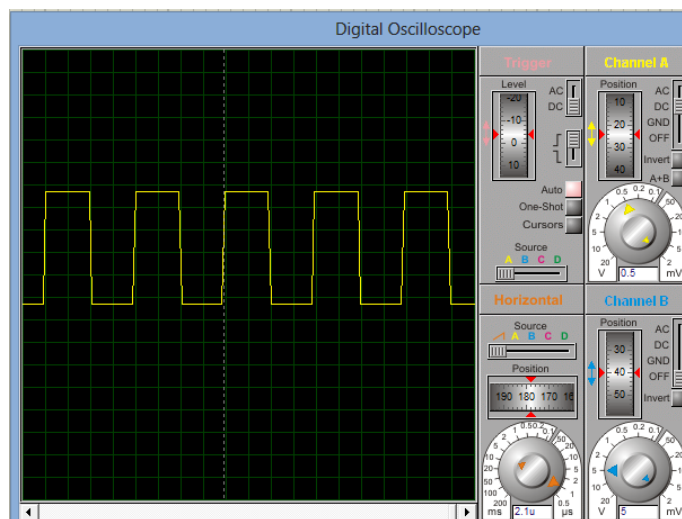
C: capacitancia en faradios

Sustituyendo los valores de R y de C en la ecuación (3-1), se calcula la frecuencia oscilación deseada, lo cual permitirá que cuando se cargue y descargue el capacitor tenga un 1 y luego un 0, a la salida de la compuerta NAND provocando así la oscilación. Para obtener la frecuencia de 120KHz se utiliza un capacitor de 1nF y se ajusta el potenciómetro a 8.33KΩ, ecuación (3-2).

$$120KHz = \frac{1}{1nF * 8.333K\Omega} \quad \text{(Ecuación 3-2)}$$

La forma de onda del oscilador es como se muestra en la figura 45, como se observa la forma de onda de la portadora es cuadrada de amplitud de 5 V. La visualización de la forma de onda se realizó con el osciloscopio digital colocando periodo de 2.1uS, esto mediante la utilización del simulador ISIS Proteus 7.0.

Figura 45. **Forma de onda del oscilador a 120KHz**



Fuente: elaboración propia, con base al programa ISIS Proteus 7.0.

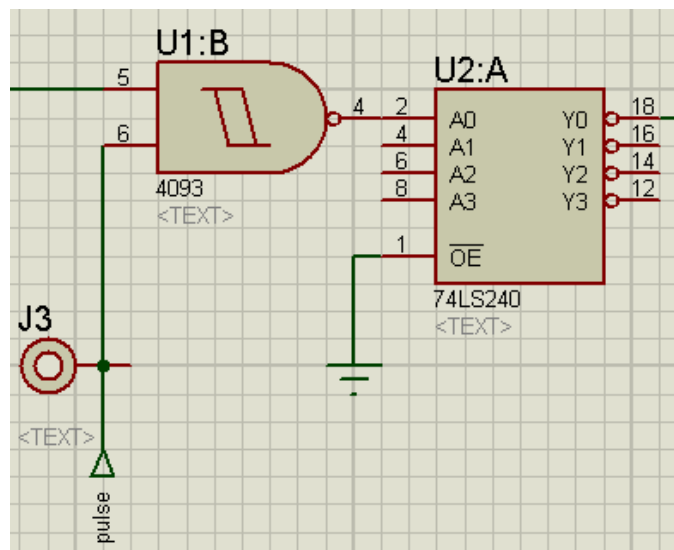


### 3.4.2. Circuito modulador

En el capítulo 1 se explicó que el propósito de la modulación es sobreponer señales en las ondas portadoras. En este caso, el circuito modulador es el encargado de sobreponer datos que le envía el microcontrolador en la onda portadora producida por el circuito oscilador como se observa en la figura 46. Para la realización del circuito modulador se utilizan los siguientes componentes:

- 1 compuerta NAND 4093
- 1 buffer-triestado 74LS240

Figura 46. Diagrama esquemático circuito modulador



Fuente: elaboración propia.

A la salida del circuito oscilador se conecta el circuito modulador esto por medio del pin 5 de la compuerta NAND del circuito integrado CD4093, una de

las entradas de la NAND será la de la señal portadora del circuito oscilador y la otra entrada de los datos enviados del microcontrolador, como se puede ver en el diagrama de la figura 46, luego de ser modulada la señal entra a un buffer-triestado (74LS240), esto para mantener los niveles lógicos de voltaje al momento de colocar una carga a la salida, y así evitar que los datos modulados presenten alguna distorsión.

### **3.4.3. Circuito de amplificación y acondicionamiento de red**

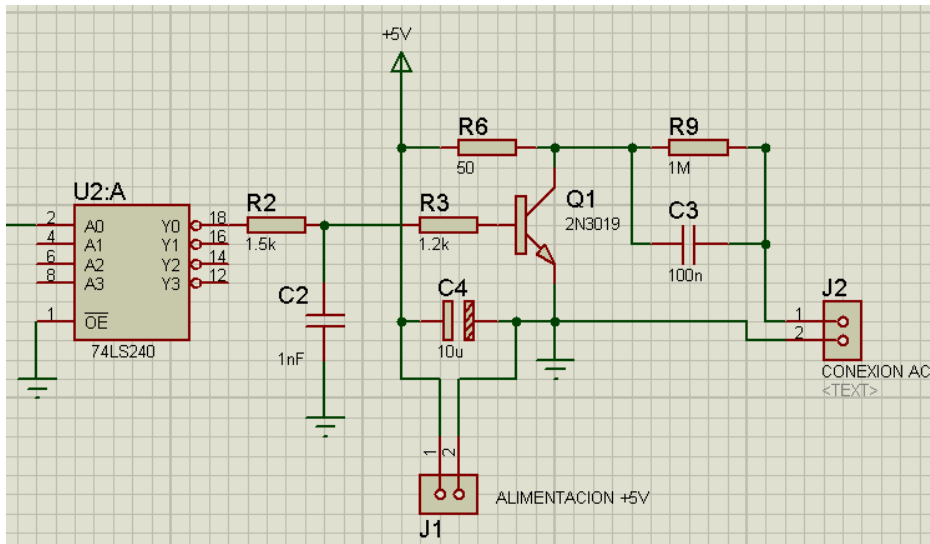
La etapa de amplificación del módulo transmisor es necesaria para que con la ayuda del buffer-triestado y un transistor NPN de potencia como 2N3019 configurado en su zona activa como amplificador se logre asegurar que la señal no baje su voltaje al momento de colocarle una carga. Para la realización del circuito de amplificación y acondicionamiento de red se utilizan los siguientes componentes:

- 1 resistencia de  $50\Omega$
- 1 resistencia de  $1.2K\Omega$
- 1 transistor NPN 2N3019
- 1 capacitor de  $100nF$  de  $420 V$
- 1 resistencia de  $1 M\Omega$
- Fuente de alimentación de  $5 V DC$

Es por eso que, una vez modulada la señal debemos de colocar una etapa de amplificación, pero para esto se debe considerar que esta etapa de amplificación tiene que contar con un transistor que tenga un voltaje de colector-emisor mayor a  $120V$  como es el caso del 2N3019 el cual una vez amplificada la señal entrara al circuito de acondicionamiento de red que consiste en un capacitor de  $420V$  y  $1nF$  con una resistencia de  $1M\Omega$  para hacer

el acondicionamiento de la red evitando así que la corriente alterna (AC) dañe los dispositivos que están trabajando con voltajes de 5V de corriente continua.

Figura 47. **Diagrama esquemático circuito amplificador y acondicionamiento**



Fuente: elaboración propia

El diagrama esquemático del circuito amplificador y de acondicionamiento de red se muestra en la figura 47. El circuito de acondicionamiento de red cumple la función de aislar los dispositivos y poder enviar los datos, esto se demuestra calculando la reactancia capacitiva, donde  $w=2*\pi*f$ :

$$X_c = \frac{1}{jw * C} \quad \text{(Ecuación 3-3)}$$

La elección del capacitor de 420V y 1nF es para filtrar la señal de 60 Hz esto se analiza con la ecuación (3-4), en donde se obtiene que para esa señal se tiene una reactancia capacitiva muy grande.

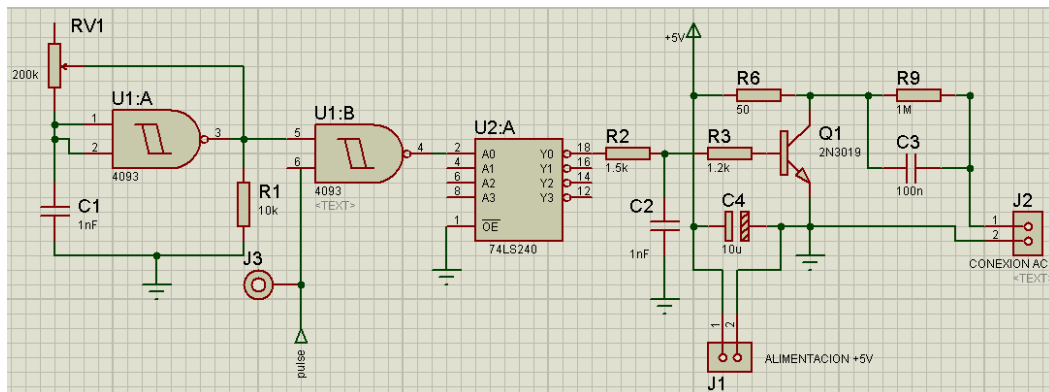
$$X_c = \frac{1}{2 * \pi * 60Hz * 1nF} = 2.6525 M\Omega \quad (\text{Ecuación 3-4})$$

Mientras que en la ecuación (3-5) se obtiene que para la señal de los datos modulados de 120KHz la reactancia capacitiva es mucho menor, razón por la cual al momento del envío de los datos la señal de 60 Hz se atenúa considerablemente en comparación de la señal deseada

$$X_c = \frac{1}{2 * \pi * 120KHz * 1nF} = 1326.29 \Omega \quad (\text{Ecuación 3-5})$$

Una vez realizada la etapa de modulación, filtrado y amplificación se tendrá un circuito final del módulo transmisor como se muestra en la figura 48.

Figura 48. Diagrama esquemático de módulo transmisor



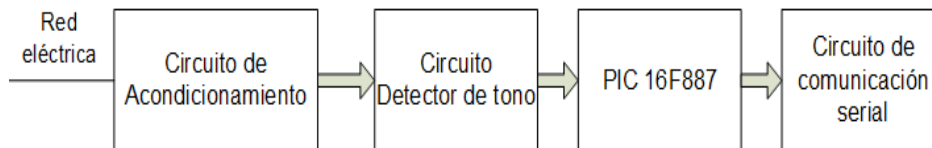
Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Módulo receptor

Su función principal es analizar los datos que se están recibiendo a través de la red eléctrica llegados desde el módulo transmisor y según sea la instrucción ejecutará la acción deseada.

Para la construcción del módulo de recepción es necesaria la realización de varias etapas como lo son un circuito de acondicionamiento de la red, circuito detector de tono, circuito de comunicación serial para la computadora y el microcontrolador. El diagrama de bloques del módulo receptor se muestra en la figura 49.

Figura 49. Diagrama de bloques módulo receptor



Fuente: elaboración propia.

El módulo receptor de datos trabajará de la siguiente manera: se espera la recepción una cadena de 7 bits, por ejemplo 100001, el primer bit será el bit de inicialización, los siguientes 4 bits identificarán la máquina con la que se desea comunicar, teniendo en cuenta que los bits se recibirán del más significativo hasta el menos significativo, por lo que mediante programación se deberá identificar la máquina, y el último bit indicará el encendido o apagado de la misma.

Por la cadena de caracteres con modulación ASK que recibe de la red eléctrica el microcontrolador ubicado en cada máquina, con una frecuencia portadora de 120KHz, accionarán para encender o apagar los dispositivos según sea el caso.

Cada uno de los circuitos que se muestran en la figura 49 tienen una función fundamental en el diseño, ya que en conjunto hacen posible la recepción de los datos, la operación de cada uno de estos circuitos serán explicados a continuación.

### 3.5.1. Circuito de acondicionamiento de red

El circuito de acondicionamiento de red cumple la función de aislar la red eléctrica del circuito detector de tono y poder transferir los datos, como se muestra en la figura 50, esto es posible por el valor de la reactancia capacitiva calculada, donde  $w=2*\pi*f$ :

$$X_c = \frac{1}{jw * C} \quad \text{(Ecuación 3-6)}$$

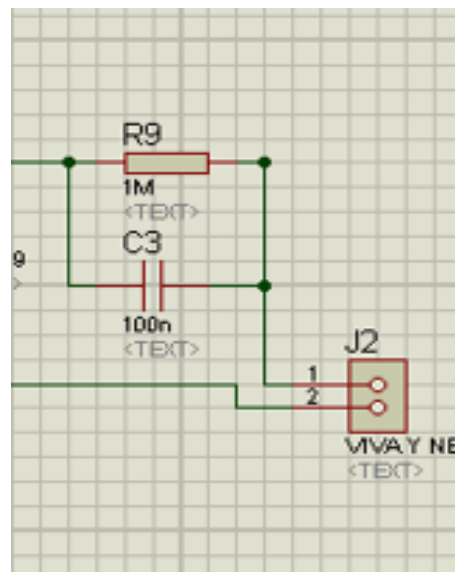
La elección del capacitor de 420V y 1nF es para filtrar la señal de 60 Hz esto se analiza con la ecuación (3-7), en donde se comprueba que para la señal AC la reactancia capacitiva es muy grande.

$$X_c = \frac{1}{2 * \pi * 60Hz * 1nF} = 2.6525 M\Omega \quad \text{(Ecuación 3-7)}$$

Mientras que en la ecuación (3-8) se obtiene que para la señal de los datos modulados de 120 KHz la reactancia capacitiva es mucho menor, razón por la cual al momento del envío de los datos la señal de 60 Hz se atenúa considerablemente en comparación de la señal de interés.

$$X_c = \frac{1}{2 * \pi * 120KHz * 1nF} = 1326.29 \Omega \quad \text{(Ecuación 3-8)}$$

Figura 50. **Diagrama esquemático de circuito de acondicionamiento**



Fuente: elaboración propia.

Luego de que los datos pasen por el circuito de acondicionamiento estos entrarán al circuito detector de tono, el cual está configurado para detectar la frecuencia de la señal portadora es de 120 kHz.

### 3.5.2. Circuito detector de tono

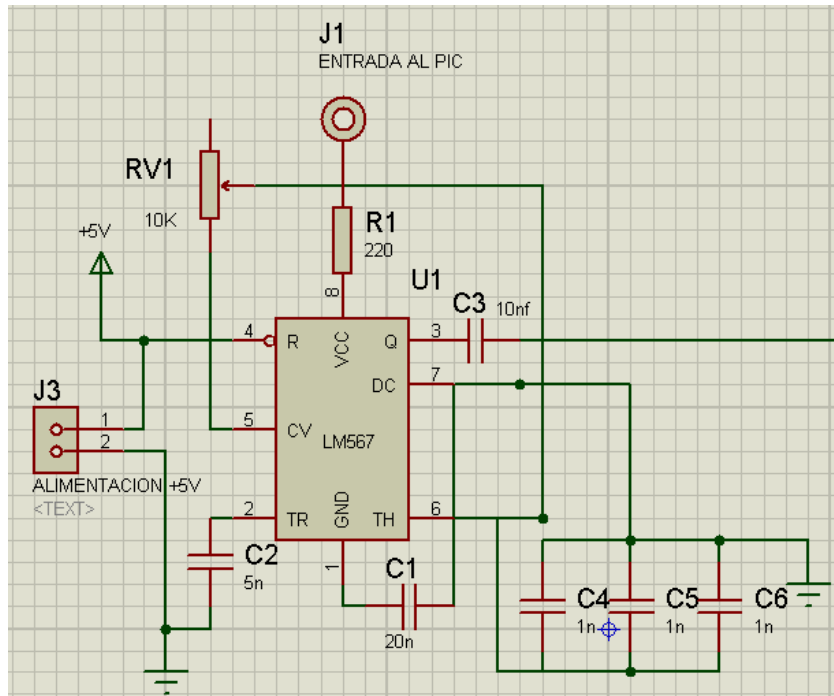
El circuito detector de tono cumple con la función de identificar los datos recibidos de la frecuencia a la que se encuentre configurado, esto debido a que posee internamente un PLL y un detector de fase en cuadratura el cual responde con un nivel lógico bajo cuando la señal de entrada al circuito integrado coincide con la frecuencia central de enganche del PLL, para el diseño la frecuencia central será de 120 KHz. Para la construcción del circuito detector de tono se utilizan los siguientes componentes:

- 1 CI LM567
- 1 resistencia variable de 10k $\Omega$
- 1 resistencia de 220 $\Omega$
- 3 capacitores cerámicos de 1nF
- 1 capacitor cerámico de 5nF
- 1 capacitor cerámico de 20nF
- 1 capacitor cerámico de 10nF
- Fuente de voltaje de 5 V

La entrada del detector de tono es el pin 3 del integrado LM567, como se observa en la figura 51, la entrada debe de tener un voltaje no mayor a 0.2V esto con el objetivo de no dañar el integrado, una vez logre realizar esta calibración en la entrada el circuito funcionará para la frecuencia a la cual se encuentre configurada.



Figura 51. Diagrama esquemático del detector de tonos



Fuente: elaboración propia.

Para que el CI LM567 funcione a una frecuencia específica depende de la carga y descarga de un capacitor de circuitería externa, el cual se calcula utilizando la ecuación (3-9):

$$f_o = \frac{1}{1.1 * R1 * C1} \quad \text{(Ecuación 3-9)}$$

Sustituyendo en la ecuación 3-9 se puede observar en la ecuación 3-10, que al utilizar un capacitor cerámico y ajustando la resistencia del potenciómetro a 760  $\Omega$  se logra configurar el detector de tono a una frecuencia de 120 KHz.

$$120KHz = \frac{1}{1.1 * 10nF * 760\Omega} \quad (\text{Ecuación 3-10})$$

La salida del detector de tono, puerto 8 del CI LM567, puede estar en cero o un uno lógico, a esta salida del circuito integrado se debe de considerar si fuera necesario una etapa de amplificación de tal manera que los niveles de voltaje que devuelve el detector de tono sean los adecuados para que lo reconozca el microcontrolador, esto dependerá de la red eléctrica en la que se están enviando los datos.

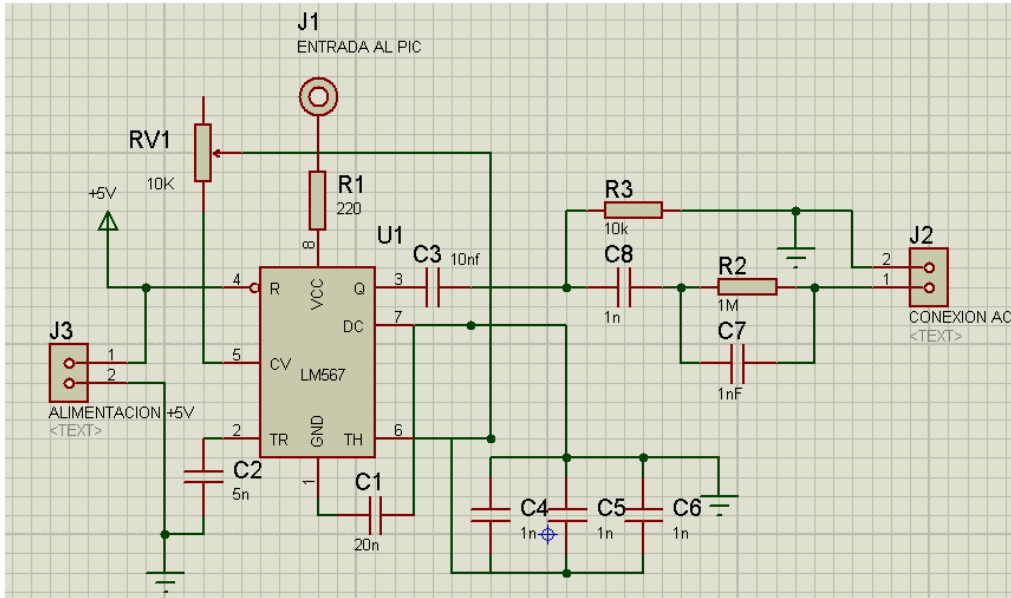
Los datos que salgan del circuito detector de tono serán analizados por el microcontrolador receptor, el cual identificará si la instrucción enviada es para determinada computadora, esto lo hará a partir del número binario que se reciba.

Por medio de comunicación serial con la computadora y de un software sabrá que es lo que hará con el dispositivo, el cual puede ser el apagado de la máquina, el encendido o apagado de las luces del laboratorio.

Una vez que se tenga ya todas las etapas de cada circuito se construirá un módulo receptor, como se observa en la figura 52.

.  
.

Figura 52. Diagrama esquemático de módulo receptor



Fuente: elaboración propia.

Como punto final se encuentra la máquina de usuario (interfaz de acción mediante software), esta consiste en que una vez que se hayan analizado los datos recibidos, el microcontrolador del módulo receptor se comunicará por vía UART con la computadora y le indicará qué hacer, si reiniciar o apagar el equipo. Esto se puede hacer mediante utilización de cualquier lenguaje de programación.

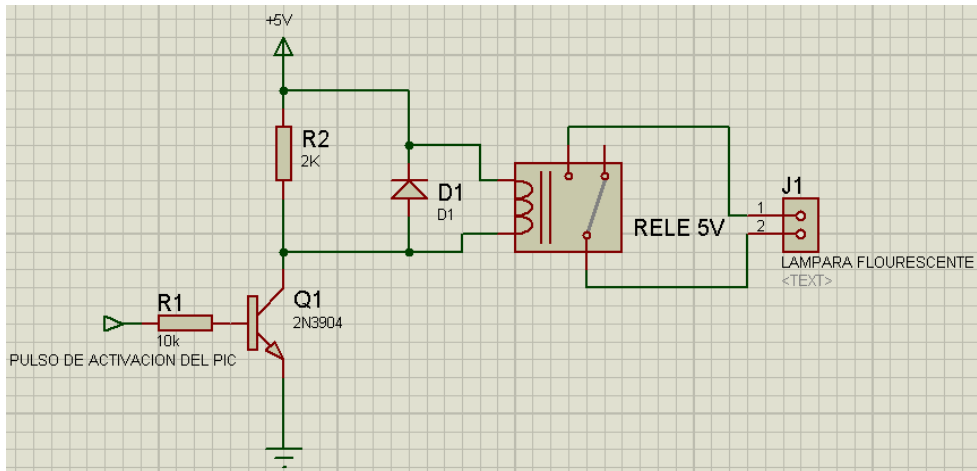
### **3.6. Módulo de control de iluminación del laboratorio**

El módulo de control de iluminación dentro del laboratorio de electrónica permitirá el encendido o apagado del sistema de iluminación ambiente. Como se explicó anteriormente, la comunicación de la máquina central con el módulo transmisor se hará de manera serial, y en con la ayuda del módulo receptor se indicará a la máquina esclavo qué es lo que debe realizar.

A diferencia del proceso de comunicación con las máquinas, para el control de iluminación solo es necesario que la máquina central envíe una cadena de bits, la cual indicará que lámparas deberá encender o apagar, esto se logra mediante programación del módulo receptor y, así con uno de los pines del microcontrolador mandar un pulso al circuito de activación el cual se muestra en la figura 53. Para la realización del circuito de activación se utilizan los siguientes componentes:

- 1 diodo de silicio
- 1 resistencia de 2 K $\Omega$
- 1 resistencia de 10 K $\Omega$
- 1 transistor NPN 2 N3904
- 1 relé de 5 V
- 1 fuente de 5V DC

Figura 53. Diagrama esquemático circuito de activación

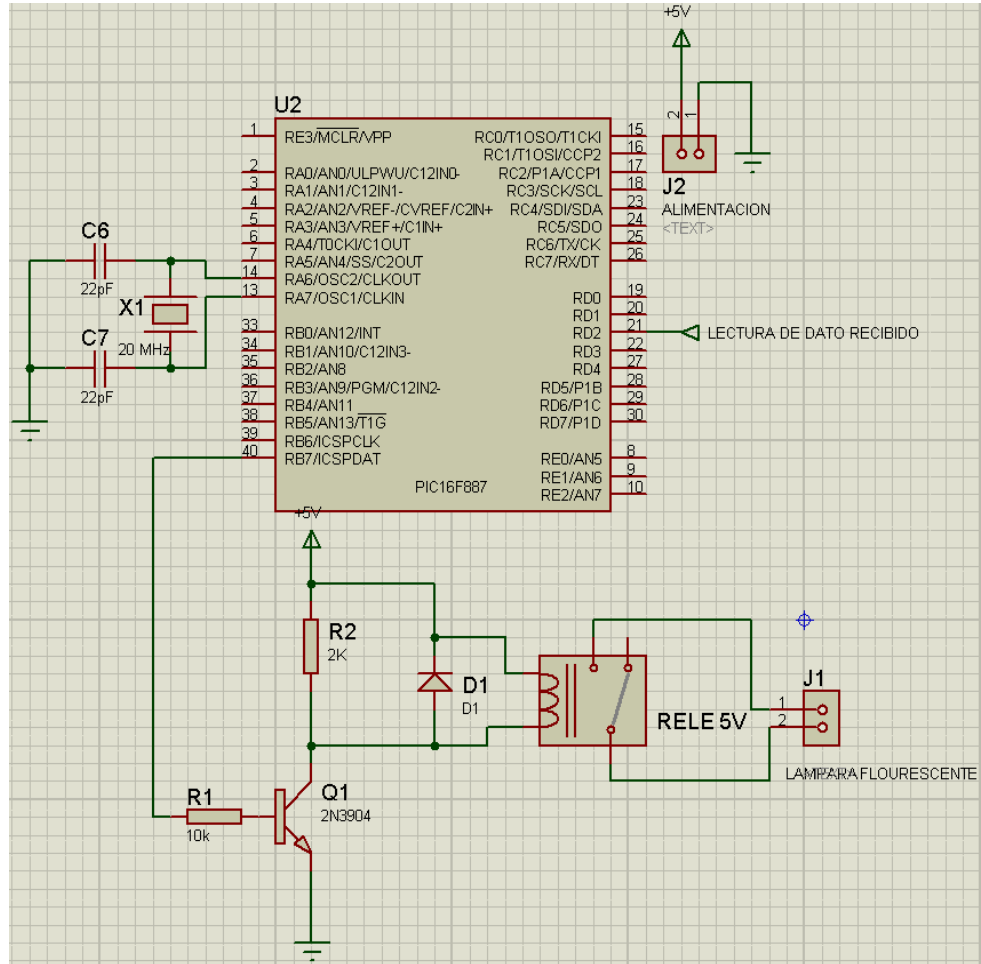


Fuente: elaboración propia.

El circuito de activación funciona de manera que al tener un nivel lógico alto, 5V, a la salida del pin 7 del puerto B del microcontrolador, este activará un transistor NPN 2N3904 el cual se encuentra configurado como switch, que al activarse permitirá que circule corriente por la bobina del relé, provocando el cambio de posición de sus contacto de normalmente cerrado a normalmente abierto y esto permitirá el control de la luz. Y para el apagado solamente se debe poner en nivel lógico bajo, 0 V, el pin 7 puerto B del microcontrolador.

Una vez armado completamente el módulo de control de iluminación estará compuesto como se muestra en la figura 54.

Figura 54. Diagrama esquemático de control de iluminación



Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, son fundamentales para la realización de soluciones ante los problemas que se presenten en el ámbito profesional.
2. Para la realización del diseño de domotización y control de acceso del laboratorio de electrónica, se tomaron en cuenta los distintos factores que facilitarán un funcionamiento óptimo.
3. El diseño de domotización del presente trabajo utiliza una arquitectura centralizada, este debido a la facilidad de comunicación que se logra para el diseño.
4. Las técnicas de modulación digital son muy importantes para el envío de datos en las telecomunicaciones, porque permite enviar a través de un medio con energía AC una señal codificada.
5. El diseñar un sistema de domotización que se comunique por medio de la red eléctrica mediante protocolo de comunicación PLC, implica considerar el ruido que se genera por los dispositivos conectados a la red.
6. Es necesario conocer las diferentes ramas de la electrónica, sus aplicaciones y cómo se pueden implementar para la solución de problemas con aplicación de la domótica.



7. Para el envío de datos a través de la red eléctrica, es necesario un circuito de acondicionamiento de la red, el cual aislará la corriente alterna de la corriente continua.
  
8. Para la lectura de datos realizadas por los microcontroladores en el diseño, se debe de tomar en cuenta los niveles de voltaje a los cuales distingue entre un nivel alto y bajo.

## RECOMENDACIONES

1. Proponer a las autoridades encargadas de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica, el apoyo económico a los estudiantes para la realización de proyectos que tengan como objetivo la mejora de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Para la utilización de la red eléctrica como medio de comunicación se debe analizar el tipo de acondicionamiento de red que se utiliza para proteger los circuitos.
3. Tomar en cuenta que, para la realización de un diseño de domotización, este debe cumplir con las medidas de precaución necesarias, para disminuir el peligro en la interacción con el usuario, en especial cuando se trabaja con corriente alterna.
4. Es importante fomentar en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica el uso de herramientas computacionales como MATLAB, ISIS Proteus, Ares PCB, esto para ampliar los conocimientos de las herramientas con las que se pueden realizar distintas soluciones.
5. Enfocar los cursos de Electrónica Aplicada 1 y Aplicada 2 para la realización de proyectos, con el fin de aportar soluciones ante distintos problemas y a partir de estos poder optar por un punto de tesis.



## BIBLIOGRAFÍA

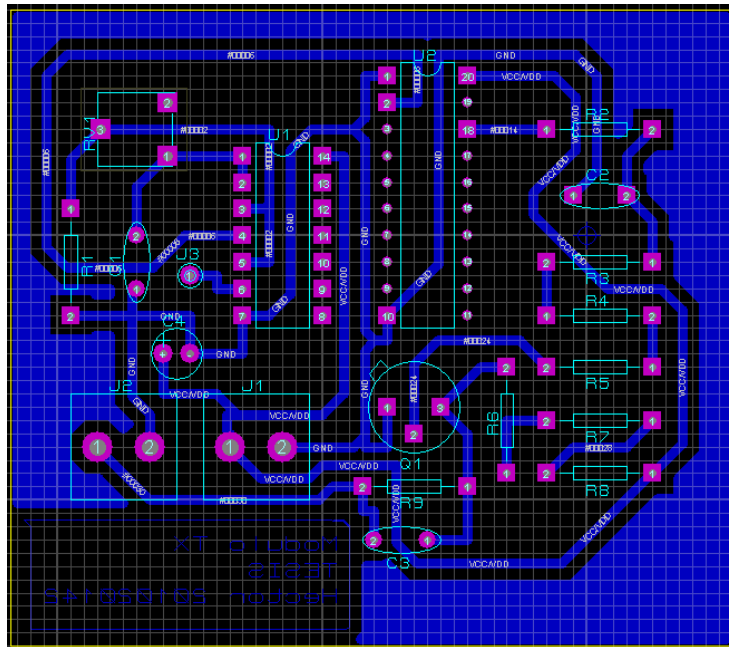
1. BOYLESTAD, Robert L. *Corriente y voltaje. Introducción al análisis de circuitos*. 10a ed. México: Pearson Educación, 2004. 1248. p.
2. \_\_\_\_\_. *Ley de Ohm, potencia y energía. Introducción al análisis de circuitos*. 10a ed. México: Pearson Educación, 2004. 1248. p.
3. \_\_\_\_\_. *Resistencia. Introducción al análisis de circuitos*. 10a ed. México: Pearson Educación, 2004. 1248. p.
4. *Domótica*. [en línea]. <<http://antoniopendolema.blogspot.com/>>. [Consulta: junio de 2014].
5. *Domotización*. [en línea]. <<http://aquiteesperoponiendounhuevo.blogspot.com/2012/05/domotizacion.html>>. [Consulta: junio de 2014].
6. *Filtros eléctricos / electrónicos*. [en línea]. [http://www.unicrom.com/tut\\_filtros.aspx](http://www.unicrom.com/tut_filtros.aspx)>. [Consulta: junio de 2014].
7. MALVINO, Albert Paul. *Osciladores. Principios de electrónica*. 6a ed. España: McGraw-Hill, 2000. 1126. p.
8. \_\_\_\_\_. *Transistores bipolares. Principios de electrónica*. 6a ed. España: McGraw-Hill, 2000. 1126. p.

9. MANO, M. Morris. *Algebra booleana y compuertas lógicas. Diseño digital*. 3a ed. México: Pearson Educación, 2003. 521. p.
10. *Microcontrolador*. [en línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador\\_PIC](http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC)>. [Consulta: junio de 2014].
11. *Modos de operación del BJT*. [en línea]. <[http://www.unicrom.com/Tut\\_modos\\_operacion\\_transistor\\_bipolar.asp](http://www.unicrom.com/Tut_modos_operacion_transistor_bipolar.asp)>. [Consulta: junio de 2014].
12. *PLC (Power Line Communication)*. [en línea]. <[http://html.rincondelvago.com/plc\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/plc_1.html)>. [Consulta: junio de 2014].
13. SEDRA, Adel S. *Etapas de salida y amplificadores de potencia. Circuitos microelectrónicos*. 4a ed. México: OXFORD University Press, 1999. 1355. p.
14. \_\_\_\_\_. *Transistores de unión bipolar (BJT). Circuitos microelectrónicos*. 4a ed. México: OXFORD University Press, 1999. 1355. p.

## APÉNDICES

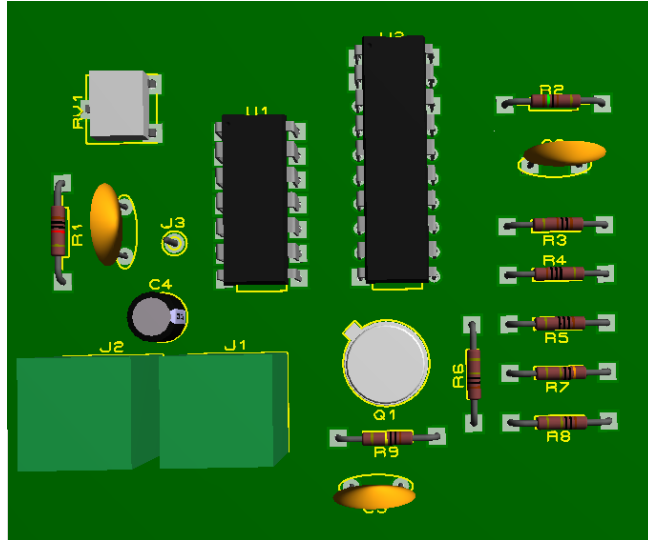
A continuación se exponen el diseño PCB y el diseño 3D para los dos módulos que permiten la comunicación a través de la red eléctrica en el diseño.

### Apéndice 1. PCB módulo transmisor



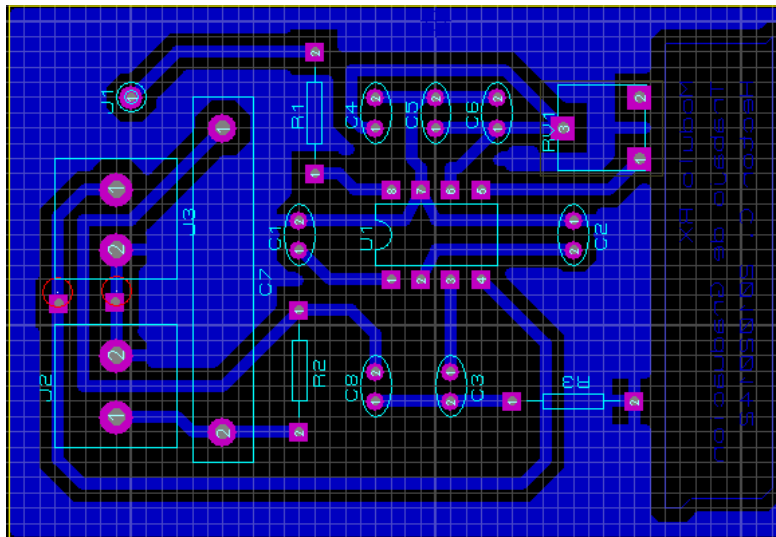
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Visualizador 3D módulo TX



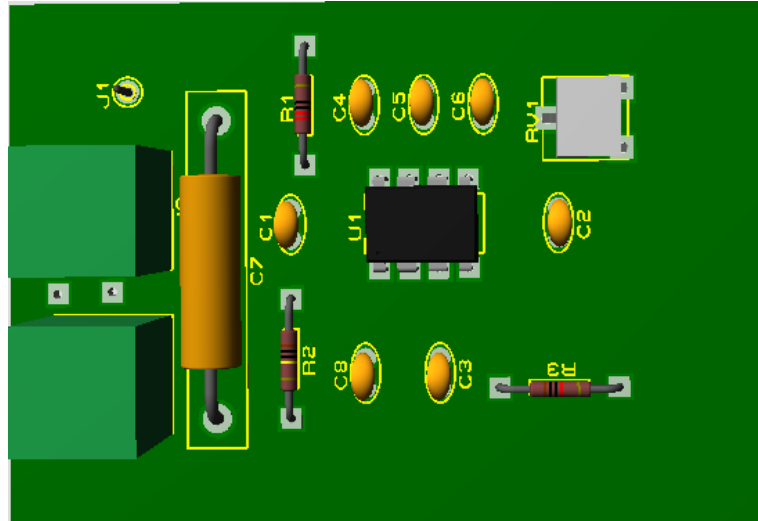
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 3. Módulo RX



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Visualizador 3D módulo RX**



Fuente: elaboración propia.



## Códigos realizados en MiKrobasic

### Código de microcontrolador del módulo transmisor:

```
program TRANSMISOR
dim lecinstru as byte
main:
  UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
  Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
  UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
  UART1_Write(13)          ' Enter
  UART1_Write(10)         ' Inicio de linea
  TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
  PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
  TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
  PORTD=0
  while true
  if (UART1_Data_Ready() <> 0) then ' Verifica si se reciben datos,
    lecinstru = UART1_Read()      ' lee los datos recibidos,
  end if
  if lecinstru == "1" then 'Envio de datos máquina 1
    PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
    delay_ms(200)
    PORTD.0=0
    delay_ms(200)
    PORTD.0=0
    delay_ms(200)
    PORTD.0=0
    delay_ms(200)
  end if
  if lecinstru == "2" then 'Envio de Datos máquina 2
    PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
```

```

delay_ms(200)
PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "3" then 'Envio de Datos máquina 3
PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
delay_ms(200)
PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "4" then 'Envio de Datos máquina 4
PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
delay_ms(200)
PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "5" then 'Envio de Datos máquina 5

```

```

PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
delay_ms(200)
PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "6" then 'Envio de Datos máquina 6
PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
delay_ms(200)
PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "7" then 'Envio de Datos máquina 7
PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
delay_ms(200)
PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=1
delay_ms(200)
PORTD.0=0
delay_ms(200)
end if

```

```

if lecinstru == "8" then 'Envio de Datos máquina 8
  PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "9" then 'Envio de Datos máquina 9
  PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "10" then 'Envio de Datos máquina 10
  PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)

```

```

end if
if lecinstru == "11" then 'Envio de Datos máquina 11
  PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "11" then 'Envio de Datos máquina 11
  PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "12" then 'Envio de Datos máquina 12
  PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
  delay_ms(200)
  PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1
  delay_ms(200)
  PORTD.0=1

```

```

    delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "13" then 'Envio de Datos para control de iluminación 1
    PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
    delay_ms(200)
    PORTD.0=0
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "14" then 'Envio de Datos para control de iluminación 2
    PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
    delay_ms(200)
    PORTD.0=0 'Envio de bit LSB
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)
end if
if lecinstru == "15" then 'Envio de Datos para control de iluminación 3
    PORTD.0=1 'Envio de bit de inicio
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1 'Envio de bit LSB
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)
    PORTD.0=1
    delay_ms(200)

```

```

PORTD.0=1
delay_ms(200)
end if
wend
end.

```

## **Código de Microcontrolador del módulo receptor:**

### **Código de microcontrolador de máquina 1**

```

program RECEPTOR_M1
dim x as byte
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)             ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)           ' Enter
UART1_Write(10)           ' Inicio de línea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=1 then 'Máquina 1
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
UART1_Write_Text("Apagar")
delay_ms(200)
end if
end if
end if

```

```

        end if
    end if
end if
wend
end.

```

## Código de microcontrolador de máquina 2

```

program RECEPTOR_M2
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)             ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)           ' Enter
UART1_Write(10)           ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
    delay_ms(100)
    if PORTC.0=0 then 'Máquina 2
        delay_ms(200)
        if PORTC.0=1then
            delay_ms(200)
            if PORTC.0=0 then
                delay_ms(200)
                if PORTC.0=0 then
                    UART1_Write_Text("Apagar")
                    delay_ms(200)
                end if
            end if
        end if
    end if
end if
end if
end if
end if

```



```
wend  
end.
```

### Código de microcontrolador de máquina 3

```
program RECEPTOR_M3  
main:  
UART1_Init(9600)      ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps  
  Delay_ms(100)       ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.  
  UART1_Write_Text("Listo para comunicación")  
  UART1_Write(13)     ' Enter  
  UART1_Write(10)     ' Inicio de linea  
  TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada  
  PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0  
  TRISD=0 'Declara el puerto D como salida  
  PORTD=0  
while true  
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor  
  delay_ms(100)  
  if PORTC.0=1 then 'Máquina 3  
    delay_ms(200)  
    if PORTC.0=1then  
      delay_ms(200)  
      if PORTC.0=0 then  
        delay_ms(200)  
        if PORTC.0=0 then  
          UART1_Write_Text("Apagar")  
          delay_ms(200)  
        end if  
      end if  
    end if  
  end if  
end if  
end if  
end if  
wend  
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 4

```
program RECEPTOR_M4
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de línea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=0 then 'Máquina 4
delay_ms(200)
if PORTC.0=1then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
UART1_Write_Text("Apagar")
delay_ms(200)
end if
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 5

```
program RECEPTOR_M6
main:
UART1_Init(9600)      ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)        ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)      ' Enter
UART1_Write(10)      ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=1 then 'Máquina 5
delay_ms(200)
if PORTC.0=0then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
UART1_Write_Text("Apagar")
delay_ms(200)
end if
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 6

```
program RECEPTOR_M6
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de línea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=0then 'Máquina 6
delay_ms(200)
if PORTC.0=1then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
UART1_Write_Text("Apagar")
delay_ms(200)
end if
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 7

```
program RECEPTOR_M7
main:
UART1_Init(9600)           ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)              ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)            ' Enter
UART1_Write(10)            ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0

while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
    delay_ms(100)
    if PORTC.0=1 then 'Máquina 7
        delay_ms(200)
        if PORTC.0=1 then
            delay_ms(200)
            if PORTC.0=1 then
                delay_ms(200)
            if PORTC.0=0 then
                UART1_Write_Text("Apagar")
                delay_ms(200)
            end if
        end if
    end if
end if
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 8

```
program RECEPTOR_M8
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
  Delay_ms(100)           ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
  UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
  UART1_Write(13)         ' Enter
  UART1_Write(10)        ' Inicio de linea
  TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
  PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
  TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
  PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
  delay_ms(100)
  if PORTC.0=0then 'Máquina 8
    delay_ms(200)
    if PORTC.0=0then
      delay_ms(200)
      if PORTC.0=0 then
        delay_ms(200)
        if PORTC.0=1 then
          UART1_Write_Text("Apagar")
          delay_ms(200)
        end if
      end if
    end if
  end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 9

```
program RECEPTOR_M9
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)             ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)           ' Enter
UART1_Write(10)           ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
  delay_ms(100)
  if PORTC.0=1then 'Máquina 9
    delay_ms(200)
    if PORTC.0=0then
      delay_ms(200)
      if PORTC.0=0 then
        delay_ms(200)
        if PORTC.0=1 then
          UART1_Write_Text("Apagar")
          delay_ms(200)
        end if
      end if
    end if
  end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 10

```
program RECEPTOR_M10
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de línea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=0 then 'Máquina 10
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=0 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
UART1_Write_Text("Apagar")
delay_ms(200)
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```



## Código de microcontrolador de máquina 11

```
program RECEPTOR_M11
main:
UART1_Init(9600)      ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)        ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)      ' Enter
UART1_Write(10)      ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
  delay_ms(100)
  if PORTC.0=1 then 'Máquina 11
    if PORTC.0=1 then
      delay_ms(200)
    if PORTC.0=0 then
      delay_ms(200)
    if PORTC.0=1 then
      UART1_Write_Text("Apagar")
      delay_ms(200)
    end if
  end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador de máquina 12

```
program RECEPTOR_M12
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISD=0 'Declara el puerto D como salida
PORTD=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=0 then 'Control de iluminación 1
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
UART1_Write_Text("Apagar")
delay_ms(200)
end if
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador control de iluminación 1

```
program RECEPTOR_I1
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISB=0 'Declara el puerto D como salida
PORTB=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
delay_ms(100)
if PORTC.0=0 then 'Control de iluminación 1
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
delay_ms(200)
if PORTC.0=1 then
PORTB.7= 1
delay_ms(200)
end if
end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

## Código de microcontrolador control de iluminación 2

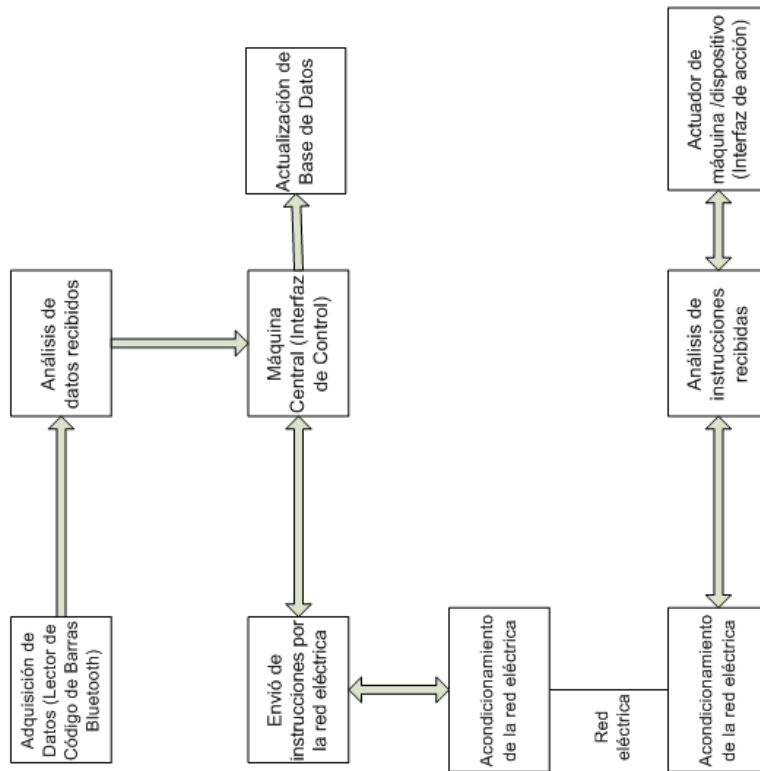
```
program RECEPTOR_I2
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de línea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISB=0 'Declara el puerto D como salida
PORTB=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
  delay_ms(100)
  if PORTC.0=0 then 'Control de iluminación 2
    if PORTC.0=0 then
      delay_ms(200)
    if PORTC.0=1 then
      delay_ms(200)
    if PORTC.0=1 then
      PORTB.7= 1
      delay_ms(200)
    end if
  end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```

### Código de microcontrolador control de iluminación 3

```
program RECEPTOR_I3
main:
UART1_Init(9600)          ' Inicializa el puerto serial a 9600 bps
Delay_ms(100)            ' Tiempo para esperar que la comunicación estabilice.
UART1_Write_Text("Listo para comunicación")
UART1_Write(13)          ' Enter
UART1_Write(10)          ' Inicio de linea
TRISC=1 'Declara el puerto C como entrada
PORTC=0 'Inicializa el puerto C en 0
TRISB=0 'Declara el puerto D como salida
PORTB=0
while true
if PORTC.0=1 then 'Recepción de bit de inicio por parte del módulo transmisor
  delay_ms(100)
  if PORTC.0=0 then 'Control de iluminación 3
    if PORTC.0=1 then
      delay_ms(200)
      if PORTC.0=1 then
        delay_ms(200)
        if PORTC.0=1 then
          PORTB.7= 1
          delay_ms(200)
        end if
      end if
    end if
  end if
end if
end if
end if
end if
wend
end.
```



**Diagrama de bloques del diseño de domotización y control de acceso del laboratorio de electrónica en la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala**



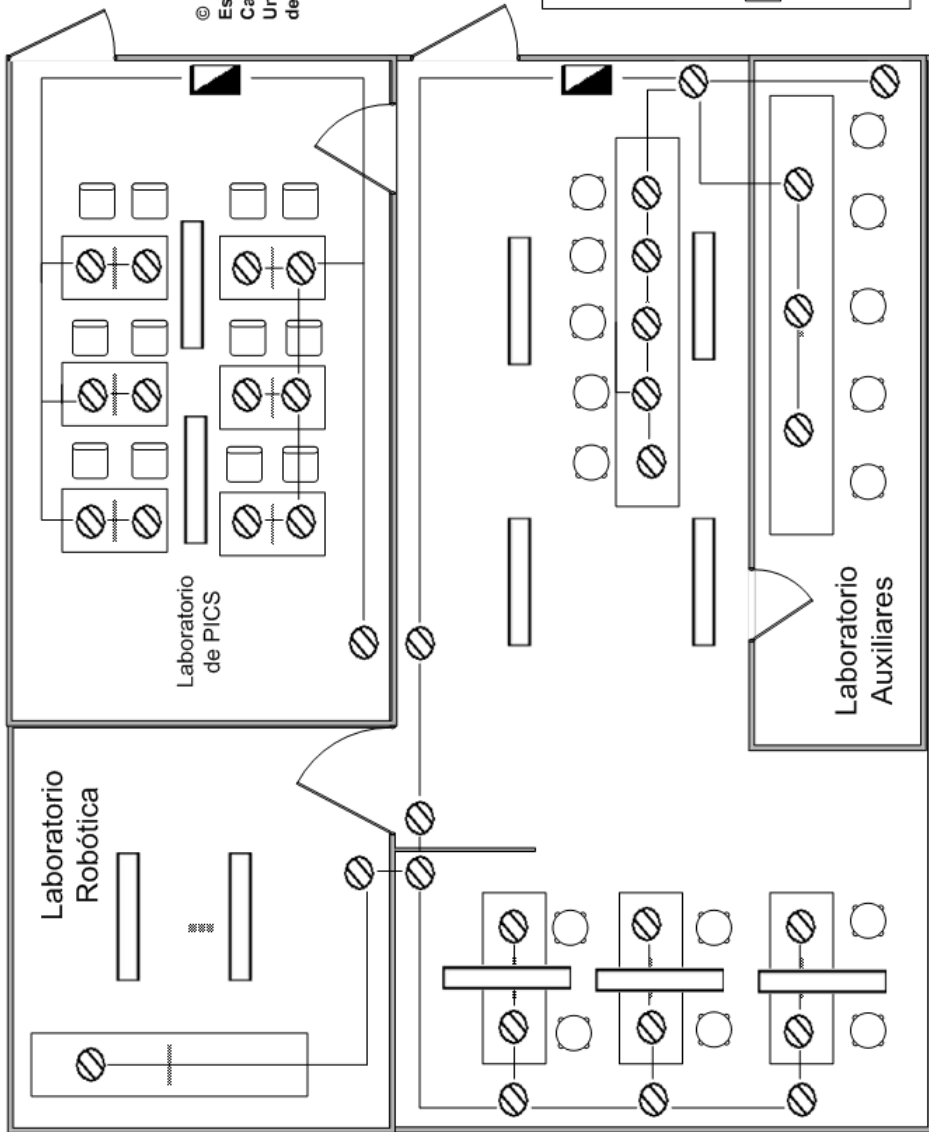
© Héctor Hernán Cojulián Mendoza  
 Estudiante de Ingeniería Electrónica  
 Carnet: 2010-20142  
 Universidad de San Carlos  
 de Guatemala

Fuente: elaboración propia.

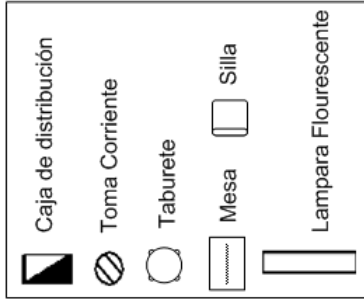
**Diagrama unifilar del laboratorio de electrónica, Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala**



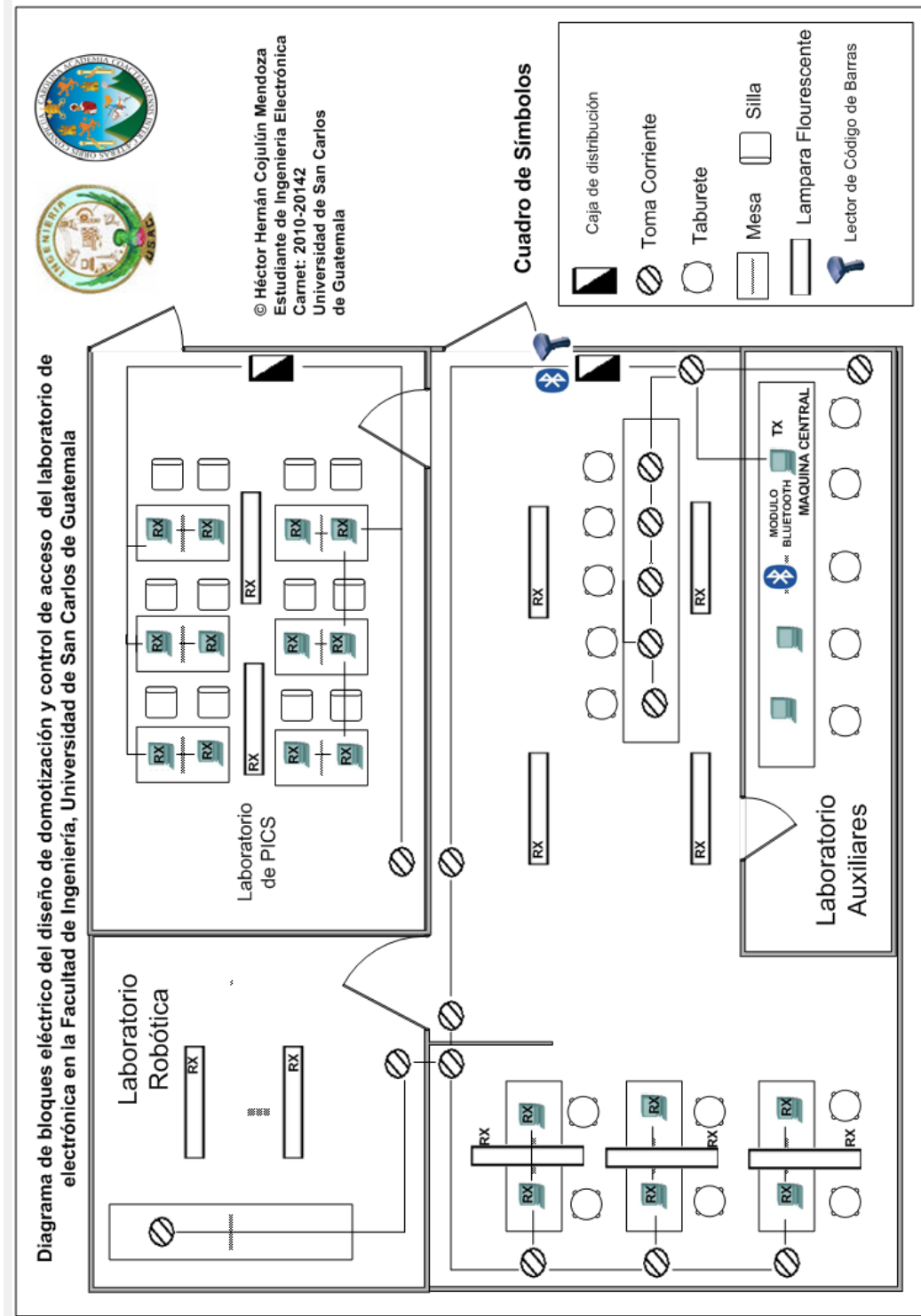
© Héctor Hernán Cojulián Mendoza  
Estudiante de Ingeniería Electrónica  
Carnet: 2010-20142  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala



**Cuadro de Símbolos**



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



