



## Resumen

El presente trabajo presenta un sistema domótico con funciones para el manejo remoto de electrodomésticos o sensores, controlándolos a través de la red eléctrica ya instalada en una vivienda brindando la comodidad y seguridad el mismo se basa en tres etapas fundamentales que permiten el funcionamiento de todo el sistema.

La primera etapa basada en el protocolo de comunicación x10 a través de la red eléctrica con la difusión de códigos del estándar por medio de pulsos eléctricos a 120KHz mediante el uso de PICs y circuitería adicional para amplificar los pulsos de 120KHz y así poder llegar a mayores distancias.

La segunda etapa basada en la comunicación entre el modulo maestro conformado por el microcontrolador 16F876A y la computadora, para la comunicación con el modulo maestro X10 del sistema debido a su funcionalidad de manejar comunicaciones serie, entonces se puede enviar y recibir datos para su comunicación.

La tercera etapa utilizando el computador para la interfaz de usuario con la cual interactuaran los diferentes elementos utilizados en el desarrollo del proyecto. Los elementos a conectarse mediante la computadora son el modem GSM, el modulo maestro para comunicación x10 y los transceiver usados para comunicaciones más lejanas con otros usuarios.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos principales para lograr la comunicación entre los módulos que se desarrollan en este proyecto se describe en el capítulo 1 algunos aspectos importantes de las instalaciones eléctricas interiores tales como los circuitos de iluminación y fuerza así como los elementos de consumo y los tableros eléctricos ya que todos estos elementos están involucrados en transporte de energía eléctrica y el mismo medio es usado para el transporte de información.

En el capítulo 2 se hace una descripción de los sistemas de seguridad los cuales son importantes para desarrollo del proyecto ya que se los puede integrar fácilmente para el funcionamiento del mismo y los cuales son de mucha importancia para la seguridad de un hogar ya que son los destinados a sensar la presencia de un intruso o para el aviso de alguna anomalía como lo es un incendio.

En el capítulo 3 se describe los sistemas domóticos que existen en la actualidad y haciendo una descripción más profunda en el protocolo X10 en lo que se refiere a



su funcionamiento, el transporte de la información y la arquitectura del sistema X10, posteriormente se hace una breve descripción del hardware a usarse así como los procedimientos para la configuración del PIC y los cálculos correspondientes para la aplicación en el software del PIC, también se hace la descripción del modo de envío y recepción de datos mediante el software y el hardware desarrollado.

En el capítulo 4 se describe el funcionamiento y la configuración para el modulo transceptor con el cual se ha desarrollado la comunicación mediante radio frecuencia a 2.4 GHZ que es la frecuencia de trabajo de estos dispositivos, se describe los diferentes modos de operación del transceptor, con estos dispositivos se puede enviar información corta acerca de alertas que se generen en el lugar donde se encuentre instalado el sistema domótico hacia otro lugar donde se encuentre otro sistema domótico.

En el capítulo 5 se detalla el uso del modem GSM en el cual se usa un celular Nokia 3220 ya que posee un puerto de comunicación serie y maneja comandos AT y se lo puede configurar en modo de texto para el envío de mensajes de texto, también se detalla algunos comandos que son necesarios para la configuración del modem, el uso del modem se lo ha hecho ya que se puede enviar algunos comandos para la activación o desactivación de elementos dentro del hogar.

El capítulo 6 describe las herramientas que se han usado para el desarrollo del presente proyecto en donde se hace la descripción de Visual Basic con el cual se ha creado la interface de usuario, también se describe las herramientas más importantes del programa EAGLE para la creación de circuitos impresos y para el desarrollo del software para el funcionamiento de los PIC se utiliza el programa CCS 4.114.

En el Capitulo 7 se presenta el diseño de los módulos X10. Se describe los distintos circuitos desarrollados para la transmisión y recepción así como la integración de los diferentes dispositivos para su funcionamiento mediante una PC, también se presenta los diagramas de flujo que describe el funcionamiento de cada dispositivo así como el funcionamiento de la etapa de control que consiste en el envío y recepción de mensajes en donde se puede enviar comandos para la activación y desactivación del sistema de alarma.

En el capítulo 8 se presentan los resultados de las pruebas funcionamiento de todos los dispositivos desarrollados y se describen algunas características de su funcionamiento y las especificaciones de los dispositivos construidos.

Finalmente en el capítulo 9 se presentan las conclusiones y las recomendaciones obtenidas al finalizar el presente trabajo.



Palabras clave:

Domótica, comandos AT, CRC, cableado eléctrico, tableros eléctricos, modulos X10, microcontroladores, amplificadores operacionales, Visual Basic, EAGLE, Comunicación GSM, compilador CCS, comunicación serie, Automatizacion, Radio Frecuencia, modulación por ancho de pulso

## INDICE GENERAL

Resumen.....	1
CAPITULO 1 .....	27
Sistemas eléctricos .....	27
1.1 Introducción .....	27
1.2 instalaciones eléctricas .....	27
1.2.1 Circuito de iluminación.....	28
1.2.1.1 Funcionamiento general .....	28
1.2.1.2 Cableado eléctrico .....	28
1.2.1.3 Elementos de consumo .....	29
1.2.1.4 Departamentos, laboratorios y talleres .....	34
1.2.2 Circuito de fuerza.....	36
1.2.2.1 Funcionamiento general.....	36
1.2.2.2 Cableado eléctrico.....	36
1.2.2.3 Elementos de consumo .....	38
1.2.2.4 Área de instalación.....	38
1.2.3 Tomas especiales.....	38
1.2.3.1 Funcionamiento general.....	38
1.2.3.2 Tomas especiales .....	38
1.2.3.3 Áreas de instalación .....	39
1.3 Cajas de conexión.....	40
1.3.1 Cajas estancas .....	42
1.3.2 Grado de protección IP .....	42
1.4 Tableros .....	44
1.4.1 Generalidades .....	44



1.4.2 Clasificación .....	44
1.4.3 Tableros generales .....	44
1.4.4 Tableros generales auxiliares.....	45
1.4.5 Tableros de Distribución .....	46
CAPITULO 2 .....	48
Sistemas de seguridad y comunicaciones .....	48
2.1 Introducción .....	48
2.2 Sistemas convencionales.....	48
2.2.1 Funcionamiento general .....	48
2.2.2 Detectores .....	49
2.2.3 Detectores de humo.....	49
2.2.3.1 Tipos de detectores de humo .....	50
2.2.4 Detectores de movimiento .....	51
2.2.4.1 Tipos de detectores de presencia.....	51
2.2.5 Detectores de gas.....	52
2.2.5.1 Tipos de alarma .....	53
2.2.5.2 Alarmas simples: .....	53
2.2.5.3 Alarmas luminosas: .....	54
2.2.5.4 Detectores con corte de suministro de gas.....	54
2.2.6 Detectores magnéticos .....	54
2.2.7 Detector de rotura de vidrios.....	55
2.2.8 Cercas eléctricas .....	56
2.2.9 Porteros eléctricos .....	56
2.2.9.1 Funcionamiento .....	57
2.2.9.2 Servicio.....	57
2.2.10 Garajes .....	58
2.3 Sistema celular.....	58
2.3.1 Comunicación móvil.....	58
2.3.2 Telefonía celular .....	58
2.3.3 Celda o Célula .....	59
2.3.4 Clúster .....	60



2.3.5 Estrategias de Handoff .....	62
2.3.6 Capacidad del sistema.....	62
2.4 Sistemas inalámbricos .....	62
2.4.1 Tecnologías inalámbricas .....	62
2.4.2 Módulos IP.....	63
CAPITULO 3 .....	64
Los sistemas domóticos .....	64
3.1 Definición .....	64
3.2 Generalidades.....	64
3.3.1 Actuación de los sistemas domóticos .....	65
3.4 Los estándares de la domótica .....	65
3.5 Elección de los sistemas de domótica .....	65
3.5.1 Características de los sistemas domóticos .....	66
3.5.2 Aplicaciones.....	66
3.6 Estándares y sistemas propietarios .....	67
3.7 Comunicaciones por la red eléctrica .....	67
3.7.1 Interferencias entre la señal de 60Hz y datos .....	68
3.8 Protocolo X10.....	68
3.8.1 Arquitectura del sistema X10 .....	68
3.8.2 Consideraciones de diseño para el sistema x10.....	69
3.8.3 Seguridad de la información .....	70
3.9 Filtrado del ruido en la red eléctrica. ....	71
3.9.1 Causas del ruido eléctrico.....	71
3.9.2 Algunas de sus ventajas son las siguientes:.....	71
3.10 Funcionamiento del protocolo X10.....	72
3.10.1 Trama X10 .....	72
3.11 Descripción del hardware para la implementación del sistema X10 .....	77
3.11.1 Detector de cruce por cero .....	78
3.11.2 Detector de señal de 120kHz.....	79
3.11.3 Amplificador de señal usando inversor CMOS .....	81



3.11.4 Cálculos para la generación de la señal de 120kHz con el modulo CCP1 .....	84
3.11.5 Modo de envío de datos .....	87
3.11.6 Forma del envío de los datos.....	87
3.11.7 Modo de recepción de datos.....	90
3.11.8 Modulo de recepción.....	90
3.11.9 Modulo de transmisión y recepción con interface con una PC .....	91
CAPITULO 4 .....	94
Comunicaciones a nivel de manzana, sistema de radio frecuencia .....	94
4.1 Introducción .....	94
4.2 Módulos transceptores TRW-2.4G.....	94
4.2.1 Forma de transmisión y recepción.....	95
4.2.2 Modos de trabajo del transceptor:.....	96
4.2.2.1 ShockBurst: .....	96
4.3 Descripción general del chip nRF 2401 de Nordic semiconductor .....	96
4.3.1 Asignación de pines.....	99
4.3.2 Transmisión ShockBurst .....	99
4.3.3 Recepción ShockBurst.....	102
4.3.4 Transmisión Modo directo.....	104
4.3.5 Recepción en modo directo: .....	104
4.3.6 DuoCeiver dos canales simultáneos modo receptor.....	104
4.4 Configuración del dispositivo y modos de operación .....	106
4.4.1 Modos de configuración.....	107
4.4.2 Modo de espera.....	107
4.4.3 Modo apagado.....	107
4.4.4 Bits de configuración del dispositivo .....	107
4.4.5 Configuración para operación ShockBurst.....	107
4.4.6 Configuración para operación en modo directo .....	108
4.4.7 Descripción detallada de los bits de configuración .....	109
4.4.8 Configuración ShockBurst: .....	110
4.4.9 Descripción del paquete de datos.....	115



4.5 Consideraciones de diseño .....	117
4.5.1 comunicación con el UART de la PC .....	119
4.5.2 Módulos de transmisión y recepción .....	119
CAPITULO 5 .....	121
Comunicación por redes GSM .....	121
5.1 Introducción .....	121
5.2 Sistema de transmisión de datos por red celular .....	121
5.2.1 Telefonía celular .....	121
5.2.2 Redes GSM y GPRS .....	121
5.2.3 ventajas y desventajas entre GSM y GPRS .....	122
5.2.4 Servicio de mensajes cortos SMS .....	123
5.3 Comandos AT .....	124
5.3.1 Funciones de los comandos AT .....	124
5.3.2 Comandos AT y modem GSM .....	124
5.3.3 Sintaxis de los comandos AT .....	124
5.3.4 Comandos generales .....	125
5.3.5 Uso de comandos para envío de mensajes de texto .....	126
5.3.5.1 Formatos para envío de mensajes .....	127
5.4 Descripción del teléfono móvil usado como modem GSM .....	127
5.4.1 Selección del dispositivo de comunicación GSM .....	127
5.4.2 Tipos de terminales .....	128
5.4.3 Teléfonos Nokia .....	128
5.4.3 Características requeridas de los terminales .....	128
5.4.4 Teléfono Nokia 3320 .....	128
5.4.5 Especificaciones técnicas .....	128
5.5 Descripción del puerto de comunicación y cables de Conexión del celular .....	129
5.5.1 Puerto de comunicación del modem GSM .....	129
5.5.2 Pines utilizados en la comunicación .....	130
5.6 Ejecución de los comandos AT .....	131
5.6.1 Uso de los comandos de configuración .....	131
5.6.3 Comandos para envío de SMS .....	132



5.6.4 Comandos para leer los SMS recibidos .....	133
5.6.5 Borrado de mensajes almacenados.....	136
5.6.6 Resultado por errores cometidos .....	137
5.7 Funcionamiento del sistema .....	138
5.7.1 Aplicación en la etapa de control .....	139
CAPITULO 6 .....	140
Utilitarios para el desarrollo del sistema.....	140
6.1 Visual Basic .....	140
6.1.1 Componentes de un proyecto .....	140
6.1.2 Entorno de desarrollo de visual Basic.....	141
6.1.2.1 Barra de menús .....	142
6.1.2.2 Menús contextuales.....	142
6.1.2.3 Barras de herramientas .....	143
6.1.3 Cuadro de herramientas .....	143
6.1.4 Ventana Explorador de proyectos.....	143
6.1.5 Ventana Propiedades .....	143
6.1.6 Diseñador de formularios.....	143
6.1.7 Ventana Editor de código.....	143
6.1.8 Ayuda durante la escritura del código.....	143
6.1.8.1 Ayuda interactiva .....	144
6.1.9 Dibujar los controles .....	145
6.1.9.1 Categorías de controles.....	146
6.1.9.2 Controles intrínsecos .....	146
6.1.10 Descripción de los principales controles de Visual Basic 6.0.....	148
6.1.10.1 El control de comunicaciones MSCOMM.....	148
6.1.11 Descripciones de los controles .....	149
6.1.11.1 Botón de comando (Command Button) .....	149
6.1.11.2 Cuadro de texto (Text Box).....	149
6.1.11.3 Etiquetas (Labels).....	150
6.1.11.4 Botones de opción (Option Button).....	150
6.1.11.5 Caja de selección (Check Box).....	150





6.1.11.6 Barra de desplazamiento (Scroll Bars) .....	151
6.1.11.7 Caja de lista (List Box).....	151
6.1.11.8 Combo Box.....	151
6.1.11.9 Marco (Frame).....	152
6.1.11.10 Control Timer .....	152
6.2. Descripción del lenguaje de programación para PICs CCS 4.114 .....	152
6.2.1 Crear un nuevo proyecto .....	153
6.2.1.1 Estructura de un programa .....	153
6.2.2 Tipos de ficheros.....	153
6.2.3 Entorno de trabajo de CCS C compiler.....	154
6.2.4 Opciones para los proyectos .....	158
6.3. EAGLE .....	161
6.3.2 Panel de control.....	162
6.3.3 Archivos de EAGLE .....	163
6.3.4 Biblioteca General.....	163
6.3.5 Design Rules .....	164
6.3.6 Proyectos (Projects).....	165
6.3.6.1 Creación de un nuevo proyecto .....	166
6.3.6.2 Creación de un esquema.....	166
6.3.6.3 ADD .....	167
6.3.6.4 MOVE .....	168
6.3.6.5 (Línea de conexión) .....	168
6.3.6.6 JUNCTION.....	169
6.3.6.7 SHOW .....	169
6.3.6.8 NAME .....	170
6.3.6.9 VALUE .....	170
6.3.6.10 INVOKE .....	170
6.3.7 Creación de las PCB.....	170
6.3.7.1 Método para creación de la PCB.....	170
6.3.7.2 Autorouter .....	172
CAPITULO 7 .....	173



Diseño y algoritmos.....	173
7.1 Sistema de comunicación GSM .....	173
7.1.1 Análisis del sistema de comunicación.....	173
7.1.2 Componentes para la automatización.....	174
7.2 Implementación hardware .....	176
7.2.1 Consideraciones de diseño .....	176
7.2.2 Fuente de alimentación.....	176
7.3 Implementación de los módulos x10 .....	177
7.4 Modulo de comunicación x10 y transmisión por la red eléctrica .....	177
7.4.2 Forma de transmitir.....	178
7.4.3 Forma de inyectar la señal a la red eléctrica .....	180
7.5 Relación señal ruido .....	181
7.6 Forma de recibir .....	182
7.6.1 Filtrado de la señal recibida .....	182
7.6.2 Amplificación de la señal recibida .....	183
7.6.3 Detector de envolvente .....	185
7.7 Espectros de frecuencia en cuándo se envía información a través de la red de C.A. ....	187
7.7.1 Espectros de frecuencia en cuándo está en funcionamiento un motor ...	189
7.8 Comunicación entre la PC y los módulos x10 .....	190
7.8.1 Métodos de comunicación .....	191
7.8.2 Comunicación entre el PIC y los módulos de sensores .....	193
7.9 Control de iluminación.....	195
7.10 Control de tomacorrientes .....	200
7.11 Conexión con el modem GSM .....	201
7.11.1 Interfaz PC-Modem.....	201
7.11.2 Selección de equipos de comunicación .....	201
7.11.3 Descripción del hardware .....	202
7.12 Algoritmos de los microcontroladores .....	203
7.12.1 Algoritmos y diagramas .....	203
7.12.2 Comunicación entre la PC y el modulo maestro x10 .....	203



7.12.3 Comunicación entre módulos .....	205
7.12.4 Algoritmo para activar el modulo de sensores .....	207
7.12.4.1 Cálculos para el timer1 .....	207
7.12.5.1 Cálculos para el dimmer .....	210
7.13 Algoritmos Visual Basic.....	215
7.13.1 Etapa de envío de mensajes y recepción .....	215
7.13.2 Lista de comandos recibidos por SMS para la etapa de control. ....	217
7.13.3 Diagrama de flujo de la etapa de control Visual Basic.....	217
7.13.4 Algoritmo para el sistema de aviso de alarmas .....	219
7.13.5 Algoritmo para el transceptor .....	220
7.13.6 Lista de tipos de alarmas para avisos vía transceptores y SMS.....	222
CAPITULO 8 .....	222
Pruebas finales del equipo construido.....	222
8.1 Interface de usuario .....	222
8.1.1 Descripción general .....	222
8.2 Ejecución de pruebas de verificación del equipo .....	224
8.2.1 Conexión a los puertos de comunicación de cada dispositivo .....	224
8.2.1.1 Conexión del modem GSM.....	224
8.2.1.2 Conexión del modulo maestro y el modulo transceptor .....	224
8.2.1.3 Prueba de comandos AT del modem GSM .....	225
8.2.1.4 Función para el envío de SMS.....	225
8.3 Configuración de los módulos.....	226
8.4 Activación del sistema de alarma.....	228
8.4.1 Por medio de un mensaje .....	228
8.4.2 Desactivación por medio de un SMS .....	229
8.4.3 Desactivación manual del sistema de alarmas .....	231
8.4.4 Envío de un mensaje de alerta .....	232
8.5 Opción de historial de eventos.....	233
8.6 Prueba de comunicación del modulo maestro .....	234
8.7 Prueba de comunicación con el modulo esclavo de los sensores .....	234
8.8 Prueba del dimmer comandado desde la PC.....	236



8.8.1 Prueba del dimmer sin asistencia de la PC .....	238
8.9 Control horario para los módulos de iluminación y tomacorrientes .....	239
8.10 Prueba de los módulos transceptores .....	240
8.11 Manual de funcionamiento del equipo construido .....	242
8.11.1 Fuente de alimentación.....	242
8.11.1.1 Especificaciones de la fuente de alimentación .....	243
8.11.1.2 Descripción de los componentes .....	243
8.11.2 Modulo interface PC .....	244
8.11.2.1 Funcionamiento .....	244
8.11.2.2 Especificaciones del modulo.....	245
8.11.2.3 Descripción de los pines y componentes.....	245
8.11.3 Modulo interface de sensores.....	246
8.11.3.1Funcionamiento .....	246
8.11.3.2 Especificaciones .....	247
8.11.3.3 Descripción de los pines y componentes.....	247
8.11.4 Modulo para iluminación .....	248
8.11.4.1 Funcionamiento .....	249
8.11.4.2 Especificaciones .....	249
8.11.4.3 Descripción de los pines y componentes.....	249
8.11.5 Modulo para tomacorrientes .....	250
8.11.5.1 Funcionamiento .....	250
8.11.5.2 Especificaciones .....	250
8.11.5.3 Descripción de los pines y componentes.....	251
8.11.6 Modulo dimmer .....	252
8.11.6.1 Funcionamiento .....	252
8.11.6.2 Especificaciones .....	252
8.11.6.3 Descripción de los pines y componentes.....	252
8.11.7 Modulo sensor de ruido .....	253
8.11.7.1 Funcionamiento .....	253
8.11.7.2 Especificaciones .....	253
8.11.7.3 Descripción de los pines y componentes.....	254



8.11.8 Modulo transceptor .....	254
8.11.8.1 Funcionamiento .....	255
8.11.8.2 Especificaciones .....	255
8.11.8.3 Descripción de los pines y componentes.....	255
8.11.9 Modem GSM.....	256
8.11.9.1 Funcionamiento .....	256
8.11.9.2 Especificaciones .....	256
8.11.10 Interface de usuario de Visual Basic.....	257
8.11.10.1 Funcionamiento .....	257
8.11.10.2 Especificaciones .....	257
8.12 Costos referenciales de los módulos X-10 desarrollados .....	258
8.13 Adquisición de una computadora personal .....	260
8.14 Adquisición de complementos para la comunicación.....	260
CAPITULO 9 .....	260
9.1 Conclusiones y recomendaciones.....	260
9.2 Referencias .....	265
<i>Datos Generales TRW 24G. s.f. <a href="http://www.laipac.com/easy_trf24_eng.htm">http://www.laipac.com/easy_trf24_eng.htm</a> (último acceso: 30 de septiembre de 2011).</i>	
	265

## Índice de figuras

Figura 1.1. Conexión en paralelo de los circuitos de iluminación .....	29
Figura 1.2. Lámparas con LED de Alta intensidad .....	31
Figura 1.3. Lámparas fluorescentes compactas .....	32
Figura 1.4. Alumbrado general .....	33
Figura 1.5. Alumbrado general localizado .....	33
Figura 1.6. Alumbrado localizado .....	34
Figura 1.7. Caja estanca .....	42
Figura 1.8. Grado de protección IP .....	42
Figura 1.9. Tablero General en el caso de más de un tablero de distribución .....	45
Figura 1.10. Condición de uso de protección general por número de alimentadores .....	45
Figura 1.11. Condición de uso de tableros generales auxiliares .....	46
Figura 1.12. Tableros de distribución .....	46



Figura 1.13. Orden de ubicación de protecciones en un tablero de distribución ..	48
Figura 2.1. Detectores .....	49
Figura 2.2. Detectores de humo .....	50
Figura 2.3. Detector de humo óptico .....	50
Figura 2.4. Detector de humo de ionización .....	51
Figura 2.5. Detector de movimiento infrarrojo pasivo .....	52
Figura 2.6. Sensor de movimiento microondas/ infrarrojo .....	52
Figura 2.7. Detector de gas .....	53
Figura 2.8. Alarma sonora simple.....	54
Figura 2.9. Detector de corte de gas .....	54
Figura 2.10. Detectores magnéticos.....	55
Figura 2.11. Sensor de rotura de cristal electrónico con micrófono.....	55
Figura 2.12. Cercado eléctrico .....	56
Figura 2.13. Portero eléctrico .....	57
Figura 2.14. Video portero.....	58
Figura 2.15. Forma de las celdas .....	59
Figura 2.16. Naturaleza amorfa de las celdas .....	60
Figura 2.17. Clúster de celdas .....	61
Figura 2.18. Reúso de frecuencias .....	61
Figura 3.1 Arquitectura del sistema X10 .....	69
Figura 3.2. Relación de tiempos del pulso y el cruce por cero de la red de C.A. ..	72
Figura 3.4 Espera de 1 ms en el receptor .....	73
Figura 3.5. Representación de un bit en el protocolo X10.....	73
Figura 3.6. Código de inicio.....	74
Figura 3.7 Código de casa .....	74
Figura 3.9 Cantidad de ciclos necesarios para el envío de códigos.....	75
Figura 3.10 Código de comando .....	76
Figura 3.11 Ciclos de espera entre transmisores .....	76
Figura 3.12 Transmisión completa de la trama X10 .....	76
Figura 3.13. Diagrama de bloques para la aplicación .....	77
Figura 3.14. Detector de cruces por cero .....	78
Figura 3.15. Detector de señal de 120Khz. ....	81
Figura 3.16. Circuito amplificador.....	81
Figura 3.17. Circuito equivalente de un inversor .....	82
Figura 3.18. Circuito amplificador.....	82
Figura 3.19. Circuito amplificador equivalente al amplificador con el 4069 .....	83
Figura 3.20. Función de transferencia .....	84
Figura 3.21. El período PWM .....	85
Figura 3.22. Generador de señal de 120Khz.....	87
Figura 3.24. Representación para el envío de un bit.....	88



Figura 3.25. Código de inicio..... 88

Figura 3.26. Código de casa ..... 88

Figura 3.27 Código de numérico ..... 89

Figura 3.28. Diagrama completo el modulo receptor..... 92

Figura 3.29. Diagrama completo para el modulo transmisor y receptor con comunicación RS 232 ..... 93

Figura 4.1. Asignación de pines ..... 94

Figura 4.2. nRF2401 con componentes externos..... 97

Figura 4.3. nRF2401A asignación de pines para empaquetados QFN24 5x5... 99

Figura 4.4. Sincronizando datos con el MCU y enviando mediante ShockBurst. ... 99

Figura 4.5. Consumo de corriente con ShockBurst y sin ShockBurst. .... 99

Figura 4.6. Diagrama de flujo de la transmisión ShockBurst del TRF-2.4G ..... 101

Figure 4.7. Diagrama de flujo de la recepción ShockBurst del TRF-2.4G. .... 103

Figura 4.8. Dos canales de recepción simultánea en el TRF-2.4G. .... 105

Figura 4.9. Canales de recepción simultánea en el TRF-2.4G..... 106

Figura 4.10. DuoCeiver con dos canales simultáneos de recepción independientes. .... 106

Figura 4.11. Configuración de los paquetes de datos ..... 108

Figura 4.12. Diagrama del paquete de datos. .... 115

Figura 4.13. Configuración de los pines del PIC 16F1826 ..... 117

Figura 4.14. Conexión entre una PC y el modulo..... 118

Figura 4.15. Esquema de enlace RS232 con UART ..... 119

Figura 4.16. Esquema de conexión del circuito transmisor y receptor ..... 120

Figura 5.1. Teléfono celular Nokia 3320..... 128

Figura 5.2. Conector del teléfono Nokia 3220\* ..... 129

Figura 5.3. Cable Dku 5 (CA-42) ..... 130

Figura 5.5. Configuración en modo texto. .... 132

Figura 5.6. Uso del comando para enviar mensajes ..... 133

Figura 5.7. Selección de memoria y borrado de mensajes ..... 134

Figura 5.8. Comando para seleccionar donde guardar los mensajes ..... 134

Figura 5.9. Comando para leer los mensajes guardados..... 135

Figura 5.10. Comandos para leer mensajes no leídos y memoria de almacenamiento ..... 136

Figura 5.11. Muestra el mensaje en la posición 13. .... 136

Figura 5.12 comando para borrar un mensaje. .... 137

Figura 5.13. Mensaje borrado de la posición de memoria..... 137

Figura 5.14. Resultado de error por un comando invalido..... 138

Figura 5.15. Esquema general del sistema ..... 139

Figura 6.1. Opciones para comenzar con un proyecto ..... 141

Figura 6.2. Entorno integrado de desarrollo de Visual Basic..... 142

Figura 6.3. Menús contextuales ..... 143





Figura 6.4. Ayuda de la librería MSDN .....	144
Figura 6.5. Sintaxis de un comando .....	144
Figura 6.6. Ayuda relativa a objetos .....	145
Figura 6.7. Controles .....	145
Figura 6.8. Selección del control comm control 6.0.....	149
Figura 6.9. Botón de comando. ....	149
Figura 6.10. Presentación de la caja de texto. ....	150
Figura 6.11. Etiqueta. ....	150
Figura 6.12. Presentación del botón de opción. ....	150
Figura 6.13. Presentación de la caja de selección. ....	151
Figura 6.14. Presentación de la barra de desplazamiento. ....	151
Figura 6.15. Presentación de la caja de lista.....	151
Figura 6.16. Presentación de la caja combinada.....	152
Figura 6.17. Presentación del control Frame.....	152
Figura 6.18. Presentación del control Timer.....	152
Figura 6.19. Entorno de trabajo.....	153
Figura 6.20. Entorno de trabajo.....	154
Figura 6.21. Los menús para manejo de ficheros .....	155
Figura 6.22. Entorno de trabajo vacío listo para empezar escribir el programa ..	155
Figura 6.23. Ventana de configuración de opciones .....	156
Figura 6.24. Ventana de configuración con el código resultante .....	157
Figura 6.25. El código después de la configuración .....	157
Figura 6.26. El fichero de cabecera con la configuración del PIC .....	158
Figura 6.27. El editor de programa.....	158
Figura 6.28. Contrayendo el árbol. ....	159
Figura 6.29. Comando view.....	159
Figura 6.30. Ventana de compilación .....	160
Figura 6.31. Ficheros de salida .....	160
Figura 6.32. Ventana auxiliar para ficheros.....	161
Figura 6.33. Panel de Control Panel: Vista de los contenidos de la librería .....	163
Figura 6.34. Library Summary .....	164
Figura 6.35. Ventana de Design Rules.....	165
Figura 6.36. Ventana de proyectos .....	165
Figura 6.37. Creación de un nuevo proyecto.....	166
Figura 6.38. Abrir un proyecto .....	166
Figura 6.40. Ventana de búsqueda de dispositivos usando librerías. ....	168
Figura 6.41. Comando Net para conexión entre elementos. ....	169
Figura 6.42. Comando Show para visualización de conexiones. ....	169
Figura 6.43. Comando Name. ....	170
Figura 6.44. Comando Value.....	170
Figura 6.45. Icono Board .....	171





Figura 6.46. Creación de un archivo board .....	171
Figura 6.47. Colocación de los elementos dentro de la placa. ....	172
Figura 6.48. Ruteado de la placa de circuito impreso. ....	173
Figura 7.1. Sistema centralizado para la automatización .....	175
Figura 7.2. Fuente de alimentación. ....	176
Figura 7.3. Transmisión x10 .....	178
Figura 7.4. Circuito para enviar los datos modulados .....	179
Figura 7.5. Datos modulados a 120KHz obtenidos del PIC .....	179
Figura 7.6. Señal amplificada coincidente en cada cruce por cero .....	180
Figura 7.7. Filtro de acoplamiento .....	180
Figura 7.8. La señal acoplada a la red eléctrica .....	181
Figura 7.9 señal PLC sobre la red eléctrica.....	182
Figura 7.10. Filtro paso alto.....	183
Figura 7.11. Señal obtenida luego del filtro paso alto.....	183
Figura 7.12. Amplificador de la señal filtrada primera etapa .....	184
Figura 7.13. Señal obtenida luego de la primera etapa de amplificación .....	184
Figura 7.14. Amplificador de la señal filtrada segunda etapa .....	185
Figura 7.15. Señal amplificada luego de la segunda etapa de amplificación .....	185
Figura 7.16. Detector de envoltura para la señal filtrada .....	186
Figura 7.17. Señal recuperada luego del detector de envoltura .....	187
Figura 7.18. Detector de señal de 120KHZ .....	187
Figura 7.19. Espectro de frecuencia para la señal de 60Hz. ....	188
Figura 7.20. Frecuencia central de los datos para la comunicación.....	189
Figura 7.21. Ruido producido por un motor de baja potencia.....	190
Figura 7.22. Comunicación entre la PC y los módulos x10 .....	190
Figura 7.23. Esquema completo del modulo maestro para la PC .....	192
Figura 7.24. Comunicación entre la PC y el modulo de sensores.....	193
Figura 7.25. Esquema completo para el módulo de sensores.....	194
Figura 7.26. Forma de onda senoidal 120V a 60 Hz .....	195
Figura 7.27. Diagrama de bloques para el control del dimmer .....	196
Figura 7.28. Diagrama electrónico de un Triac.....	196
Figura 7.29. Conexión para control de iluminación .....	197
Figura 7.30. Voltaje interrumpido por Triac .....	198
Figura 7.31. Esquema completo para el modulo de iluminación .....	199
Figura 7.32. Esquema completo para el modulo dimmer .....	200
Figura 7.33. Diagrama de bloques control de toma corrientes .....	200
Figura 7.34. Sistema fijo.....	201
Figura 7.35. Diagrama de bloques del sistema de comunicación GSM .....	202
Figura 7.36. Comunicación PC modulo maestro .....	204
Figura 7.37. Recepción de datos.....	206
Figura 7.38. Activación y desactivación del modulo de sensores.....	208



Figura 7.39. Diagramas de flujo para envío de alarmas .....	209
Figura 7.40. Duración de la semionda.....	211
Figura 7.41. Grafica dimmer.....	212
Figura 7.42. Diagrama de flujo de recepción para enviar al modulo dimmer .....	213
Figura 7.43. Diagrama de flujo para el control de dimmer.....	214
Figura 7.44. Diagrama de flujo para el envío de un mensaje .....	216
Figura 7.45. Diagrama de flujo para la recepción de mensajes.....	217
Figura 7.46. Diagrama de flujo de funcionamiento de la etapa de control con un SMS .....	218
Figura 7.47. Diagrama de flujo para aviso de alarmas .....	219
Figura 7.48. Diagrama de flujo del modulo transceptor.....	221
Figura 8.1. Menú interface de usuario.....	223
Figura 8.2. Conexión con el modem GSM .....	224
Figura 8.3. Conexión con el modulo x10 maestro y el modulo transceiver .....	225
Figura 8.4. Ventana para probar el modem GSM.....	225
Figura 8.5. Ventana para envío de mensajes de texto .....	226
Figura 8.6 .Configuración de módulos.....	227
Figura 8.7. Mensaje para habilitar el sistema de alarma .....	228
Figura 8.8. Sistema de alarma activo .....	229
Figura 8.9. Mensaje para deshabilitar el sistema de alarma .....	230
Figura 8.10. Desactivación del sistema de alarma .....	231
Figura 8.11. Cuenta regresiva para desactivación manual .....	232
Figura 8.12. Cuenta regresiva para indicar una alarma .....	233
Figura 8.13. Ventana historial de eventos .....	233
Figura 8.14. Modulo maestro para envío y recepción de comandos x10 .....	234
Figura 8.15. Modulo sensores .....	235
Figura 8.16. Controles del dimmer .....	237
Figura 8.17. Modulo para iluminación .....	238
Figura 8.18. Modulo control de dimmer.....	239
Figura 8.19. Ventana para control horario.....	240
Figura 8.20. Ventana de avisos para los módulos transceptores.....	241
Figura 8.21. Modulo transceptor para PC .....	242
Figura 8.22. Esquema de la fuente de alimentación .....	244
Figura 8.23. Tarjeta para la fuente de alimentación .....	244
Figura 8.24. Esquema para el modulo maestro con conexión a la PC.....	246
Figura 8.25. Esquema interface de sensores .....	248
Figura 8.26. Esquema del modulo de iluminación.....	250
Figura 8.27. Esquema del modulo de tomacorrientes. ....	251
Figura 8.28. Esquema para el modulo dimmer.....	253
Figura 8.29. Esquema para el sensor de ruido.....	254
Figura 8.30. Esquema del modulo transceptor.....	256



Figura 8.31. Interface de usuario..... 257  
Figura 8.32. Disposición de cada uno de los módulos. .... 258

### Índice de tablas

Tabla 1.1. Flujo luminoso y rendimiento luminoso de las distintas lámparas ..... 30  
Tabla 1.2. Vida útil de las lámparas ..... 30  
Tabla 1.3. Relación entre los niveles de iluminación localizada – iluminación general ..... 34  
Tabla 1.4. Iluminancias recomendadas según tipo de local y actividad ..... 35  
Tabla 1.5. Número máximo de conductores THW THHN en tubos de PVC o CONDUIT ..... 37  
Tabla 1.6. Resumen número máximo de conductores alojados dentro de tubería metálica EMT ..... 37  
Tabla 1.7. Ampacidad del conductor en AWG y mm<sup>2</sup> ..... 39  
Capacidad del interruptor ..... 39  
Tabla 1.8. Dimensiones de las cajas metálicas ..... 41  
Tabla 1.9. Grados de protección IP ..... 43  
Tabla 2.1. Modelo OSI ..... 63  
Tabla 3.1. Tipos de protocolos ..... 65  
Tabla 3.2. Estándares y Sistemas Propietarios domóticos ..... 67  
Tabla 3.3. Códigos de casa del protocolo X10. .... 74  
Tabla 3.4. Códigos numéricos del protocolo X10 ..... 75  
Tabla 3.5. Códigos de comandos para el protocolo X10 ..... 76  
Tabla 3.6. Códigos de casa empleados en el proyecto ..... 89  
Tabla 3.7. Códigos numéricos empleados en el proyecto ..... 89  
Tabla 3.8. Códigos extendidos empleados ..... 90  
Tabla 4.1. Configuración del TRW 2.4G ..... 96  
Tabla 4.2. Características generales del transeiver. .... 97  
Tabla 4.3. nRF2401A función de los pines ..... 98  
Tabla 4.4. Configuración y modos de operación ..... 106  
Tabla 4.5. Tabla de bits de configuración ..... 108  
Tabla 4.6. Configuración de datos ..... 110  
Tabla 4.7. Configuración PLL ..... 110  
Tabla 4.8. Numero bits en la carga útil ..... 111  
Tabla 4.9. Dirección del receptor #2 y receptor #1 ..... 111  
Tabla 4.10. Numero de bits reservados para la dirección RX + configuración CRC. .... 112  
Tabla 4.11. RF ajustes de operación ..... 113  
Tabla 4.12. Configuración de la frecuencia del cristal ..... 114



Tabla 4.13. Configuración de la potencia de salida.....	114
Tabla 4.14 frecuencia del canal + configuración RX/TX.....	115
Tabla 4.15. Descripción de los paquetes de datos.....	116
Tabla 4.17. Características generales del PIC .....	119
Tabla 5.1. Descripción de los pines.....	130
Tabla 6.1. Controles intrínsecos de Visual Basic .....	147
Tabla 6.2. Listado de tipos de archivo.....	163
Tabla 7.1. Comandos usados.....	217
Tabla 7.2. Tipos de alarma que se deben enviar .....	222
Tabla 8.1. Posición para los dip switch para house_code y Key_code .....	227
Tabla 8.2. Tipos de alarmas .....	236
Tabla 8.3. Costo del dimmer .....	258
Tabla 8.4. Costo para el módulo de tomacorrientes.....	259
Tabla 8.5. Costo para el modulo de iluminación.....	259
Tabla 8.6. Costo para la fuente de poder .....	259
Tabla 8.7. Costo para el modulo interface con la PC .....	259





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Carlos Xavier Soliz Sinchi, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
SECRETARIA

Carlos Xavier Soliz Sinchi  
C.I.: 0103104378

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail [cdjbv@ucuenca.edu.ec](mailto:cdjbv@ucuenca.edu.ec) casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Carlos Xavier Soliz Sinchi certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
SECRETARÍA

Carlos Xavier Soliz Sinchi

CI: 0103104378

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Bernardo Esteban Reino Asmal, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
SECRETARIA

  
Bernardo Esteban Reino Asmal  
C.I. 0104223847



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Bernardo Esteban Reino Asmal, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

SECRETARIA  
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERIA

Bernardo Esteban Reino Asmal.

C.I: 0104223847





## Glosario

AT	comando de atención del modem
CA	corriente alterna
CCP	modulo de captura y comparación que poseen los PIC
CRC	códigos de Redundancia Cíclica
Domótica	Termino para definir una vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.
E/S	Entrada-Salida.
EAGLE	Easily Applicable Graphical Layout Editor. Software para el diseño de circuitos impresos electrónicos.
EIB	Bus de Instalación Europeo
ext-code	código extendido
FCC	Federal Communications Commission
FIFO	first input first output, Primero en entrar-Primero en salir.
GSM	Global System for Mobile Communications
GUI	Graphical User Interface, Interfaz Gráfica de Usuario. Programa informático que utiliza objetos gráficos e imágenes para representar la información.
GPRS	(General Packet Radio Service –Servicio General de Radio transmisión de Paquetes)
house_code	código de casa
IDE	entorno integrado de desarrollo
IMEI	International Mobile Equipment Identity, Identidad Internacional de Equipo Móvil
IP	Protocolo de internet
Key_code	código numérico
LAN	Redes de Área Local
LED	Light-Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz.)
MCU	unidad de procesamiento
MSCOMM	provee comunicaciones seriales en Visual Basic
MSDN	Microsoft Developer Network, Red de Desarrollo de Microsoft. Librería que proporciona documentación de Microsoft Visual Studio y otra información esencial sobre programación.
NEC	Código eléctrico nacional
PC	Personal Computer(Computadora Personal.)
PIC	Programmable Interrupt Controller(Controlador programable de interrupciones)



PWM	modulación por ancho de pulso
SIM	subscriber identity module, en español módulo de identificación del suscriptor
SMS	envío de mensajes cortos de texto
TCP	Transmission Control Protocol
TTL	transistor-transistor logic, es decir, "lógica transistor a transistor"
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, Transmisor-Receptor Asíncrono Universal.
USB	Universal Serial Bus, Bus Serie Universal. Puerto que sirve para conectar periféricos a una PC
Visual Basic	Visual :referente a la interfaz grafica, Basic Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code



## CAPITULO 1

### Sistemas eléctricos

#### 1.1 Introducción

Un sistema eléctrico está conformado por todos los elementos y dispositivos destinados a conducir flujos eléctricos conectados en un circuito cerrado, su función principal es de entregar la demanda de energía necesaria para el funcionamiento de los equipos eléctricos para su operación de forma satisfactoria. Ya que estos equipos requieren de una fuente externa de energía la cual es suplida desde el sistema eléctrico propio de la edificación, el cual a su vez es alimentado desde la red de distribución de la empresa de servicio eléctrico.

La red de distribución externa cualquiera que sea sus características y configuración son generalmente operadas y mantenidas por las propias empresas de servicio y corresponde a éstas garantizar las mejores condiciones de suministro en el punto de interconexión o entrada de la acometida para cada edificación.

#### 1.2 instalaciones eléctricas

En el presente proyecto domótico todo lo referente a instalaciones está dirigido a las viviendas ya que el sistema domótico desarrollado será únicamente para uso domestico, debido a que el cableado eléctrico es el medio de transporte de datos, ya que los niveles de ruido deben ser bastante bajos para el buen desempeño del sistema, pero sin dejar de hacer referencia a las instalaciones comerciales e industriales.

En los diseños de instalaciones eléctricas, residenciales se debe conocer los distintos componentes que lo conforman. Es importante seguir las normas para garantizar el buen funcionamiento y para la duración de las instalaciones

Para tener una instalación de buenas condiciones no necesariamente debe ser con elementos costosos sino deben cumplir las algunas características:

- Deben ser confiables para la conducción de la energía eléctrica hacia los electrodomésticos conectados a los tomacorrientes de manera segura
- La instalación debe ser eficiente para que no existan perdidas por malos contactos en la instalación.
- El costo de la instalación debe estar a las necesidades.
- Una instalación debe ser flexible para ampliaciones futuras y de hacer ligeras modificaciones a las existentes.
- Accesibles para realizar mantenimiento.
- Una instalación debe ser segura para garantizar el buen funcionamiento de los electrodomésticos durante su operación.



## **1.2.1 Circuito de iluminación**

### **1.2.1.1 Funcionamiento general**

Los circuitos de iluminación están conformados por luminarias las cuales están localizadas en diferentes áreas de una edificación, para lograr una iluminación apropiada se elige el tipo de luminaria que tenga las características adecuadas para mejorar el confort visual, en la industria permite mayor productividad, mejor rendimiento y la seguridad de las personas, en lo comercial es un factor decisivo para la atracción del público.

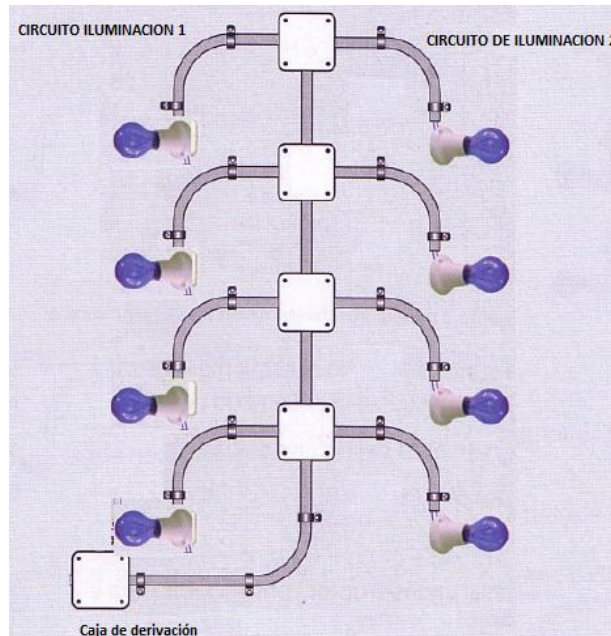
Se debe lograr una iluminación apropiada para cada una de las áreas, para evitar sobredimensionar la cantidad de luminarias necesarias, por lo que se debe verificar las características de las luminarias a ser adquiridas y así poder calcular y dimensionar de una mejor manera.

### **1.2.1.2 Cableado eléctrico**

En el tendido eléctrico de los circuitos de iluminación se debe tener algunas consideraciones:

- Tipo de actividad a desarrollar.
- Dimensiones y características físicas del local a iluminar.

El cableado de circuitos de iluminación se realiza por medio de tuberías, teniendo en cuenta que el tendido eléctrico puede ser, para un solo circuito de iluminación o para varios circuitos de iluminación, en el primer caso la conexión sería directa a las luminarias, pero si por la tubería pasan cables que alimentan otros circuitos de iluminación, todo este cableado que va por la tubería pasa por una caja de derivación para poder separar los diferentes conductores de cada circuito (figura 1.1).



*Figura 1.1. Conexión en paralelo de los circuitos de iluminación*

### 1.2.1.3 Elementos de consumo

Los circuitos de iluminación son diseñados para soportar una potencia de 1500W de carga instalada con un calibre del conductor numero 14 AWG para la instalación de una vivienda y para los cálculos de la demanda máxima no coincidente de iluminación se usa un factor de coincidencia de 0,7 recomendado por la Centrosur, los conductores pueden ir por una tuberías de PVC o en tubería EMT

En el mercado se pueden encontrar varios modelos de luminarias con diferentes tipos de consumo, por lo cual se busca aquella que tenga un mejor rendimiento, eficiencia y calidad para el área que se desee iluminar.

Considerando el ahorro energético se pueden considerar la tecnología LED, que por su gran eficiencia, larga vida útil, funcionamiento fiable a bajas temperaturas, encendido instantáneo y por tanto de emitir luz de distintos colores, se han convertido en una solución para la sustitución de lámparas incandescentes en los hogares, algunas de las características de las luminarias tipo LED se puede ver en la figura 1.3.



Como ejemplo para mostrar el flujo luminoso<sup>1</sup> y el rendimiento luminoso<sup>2</sup> de las lámparas que se han usado para varias aplicaciones tanto para la iluminación de una vivienda, industrias y alumbrado público, en la tabla 1.1 y tabla 1.2 se puede observar algunos datos de lámparas.

Flujo luminoso emitido por algunas lámparas			
Tipo de lámparas	Potencia (W)	Flujo luminoso (Lm)	rendimiento luminoso (Lm/W)
Incandescentes	100	1380	13,8
Fluorescentes luz día	36	3250	98
Fluorescentes blanco cálido	36	3350	93
Led	3	250	83

Tabla 1.1. Flujo luminoso y rendimiento luminoso de las distintas lámparas

Tipo de lámparas	Potencia (W)	Vida útil	% Degradación de la iluminación
Incandescentes	100	1000	15% durante su vida útil
Fluorescentes luz día	36	9000	30% durante su vida útil
Fluorescentes blanco cálido	36	9000	30% durante su vida útil
Led	3-12	600000	30% a las 50000 hrs a 8 hrs diarias

Tabla 1.2. Vida útil de las lámparas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Flujo luminoso es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones durante un segundo. Su unidad es lumen (Lm)

<sup>2</sup> Se denomina rendimiento o eficacia luminosa al flujo que emite una fuente luminosa (una lámpara en el caso que nos ocupa) por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

<sup>3</sup> [http://www.he2an.com/wp-content/uploads/comparativa\\_sistemas\\_de\\_iluminacion\\_18-mb.pdf](http://www.he2an.com/wp-content/uploads/comparativa_sistemas_de_iluminacion_18-mb.pdf)

			
Iluminación leds interior MR16	Iluminación leds interior SP50	Iluminación leds interior SP70	Iluminación leds interior SP80
3 watts 170 lúmenes Vida útil 500000 horas Ahorrando un 50%-80% 85-264 VAC 12V AC/DC	3 watts 190 lúmenes Vida útil 500000 horas Ahorrando un 50%-80% 85-264 VAC 12V AC/DC	5 watts 250 lúmenes Vida útil 500000 horas Ahorrando un 50%-80% 85-264 VAC 12V AC/DC	15 watts 750 lúmenes Vida útil 500000 horas Ahorrando un 50%-80% 85-264 VAC 12V AC/DC
Base de la lámpara GU5.3	Base de la lámpara GU10,E12,E14, E17,E26,E27	Base de la lámpara E26,E27	Base de la lámpara E26,E27
Disponible en colores Blanco, opaco, rojo, amarillo, verde, azul	Disponible en colores Blanco, opaco, rojo, amarillo, verde, azul	Disponible en colores Blanco, opaco, rojo, amarillo, verde, azul	Disponble en colores Blanco, opaco.
Para iluminación de casa y hogar, tiendas, departamentos, salas de conferencia, iluminación de tableros de control e iluminación decorativa.	Para iluminación de casa y hogar, tiendas, departamentos, salas de conferencia, iluminación de tableros de control e iluminación decorativa.	Para iluminación de casa y hogar, plazas comerciales, iluminación para oficina, iluminación para festivales, parques, escenarios, conciertos, etc.	Para iluminación de casa y hogar, plazas comerciales, iluminación para oficina, iluminación para festivales, parques, escenarios, conciertos, etc.
Certificaciones CE, RoHS	Certificaciones CE, RoHS	Certificaciones CE, RoHS	Certificaciones CE, RoHS

*Figura 1.2. Lámparas con LED de Alta intensidad<sup>4</sup>*

Además de las luminarias tipo led también se considera el uso de lámparas de neón compactas los cuales también son una solución para lograr un ahorro energético y en algunos de los casos sustituir las lámparas incandescentes, algunos de los modelos de lámparas de neón que se puede encontrar en el mercado se muestra en la tabla 1.3 con su respectivo consumo y el flujo luminoso de cada lámpara.

<sup>4</sup> Imagen tomada de: [http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion\\_interior/](http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion_interior/)

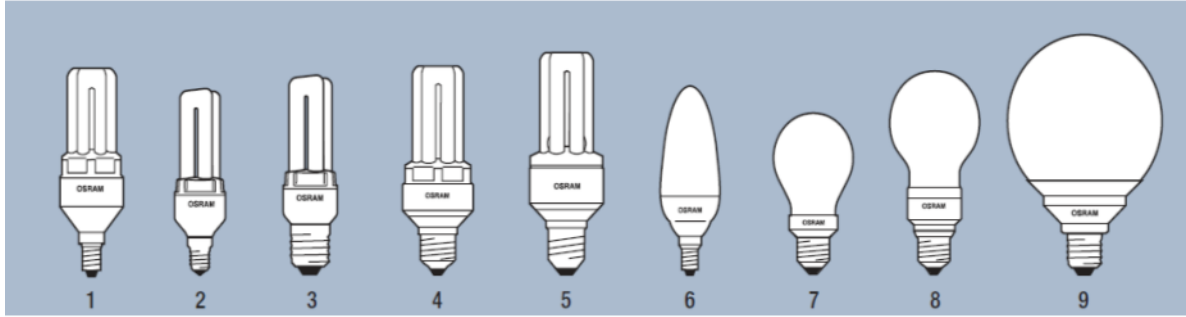


Figura N°	watts	Color de luz	Base	Flujo luminoso
2	8	Blanco cálido	E14	400
3	8	Blanco cálido	E27	400
1	12	Blanco cálido	E14	660
4	12	Blanco cálido	E27	660
4	16	Blanco cálido	E27	900
4	16	Blanco frío	E27	900
4	21	Blanco cálido	E27	1230
4	21	Blanco frío	E27	1230
5	24	Blanco cálido	E27	1500
5	24	Blanco frío	E27	1500
6	5	Blanco cálido	E14	260
6	7	Blanco cálido	E14	360
6	11	Blanco cálido	E14	660
7	5	Blanco cálido	E27	150
7	7	Blanco cálido	E27	350
7	10	Blanco cálido	E27	500
8	15	Blanco cálido	E27	800
8	20	Blanco cálido	E27	1160
9	16	Blanco cálido	E27	870
9	21	Blanco cálido	E27	1100

Figura 1.3. Lámparas fluorescentes compactas <sup>5</sup>

### Alumbrado de interiores

Para el alumbrado de interiores se cuenta con tres sistemas de la distribución de la luz los cuales son:

- **Alumbrado general:**

El tipo de luminaria debe brindar una iluminación uniforme sobre la zona a iluminar, lo cual depende de la altura de montaje y su distribución para obtener los mejores resultados.

<sup>5</sup> Ref.: [http://www.peminet.net/electroiluminacion/focos/osram\\_ahorr.pdf](http://www.peminet.net/electroiluminacion/focos/osram_ahorr.pdf)



Este sistema de alumbrado es independiente de los puestos de trabajo ya que los puestos de trabajo pueden ser dispuestos de la forma que se desee, en la figura 1.4 se puede observar la disposición de las luminarias para este tipo de iluminación.



*Figura 1.4. Alumbrado general*

- **Alumbrado general localizado:**

Se coloca luminarias para proporcionar iluminación general uniforme y permite aumentar el nivel de iluminación en zonas en zonas que así lo requieran. Figura 1.5, tiene el inconveniente de que si se cambia las zonas de trabajo se debe mover también el alumbrado.



*Figura 1.5. Alumbrado general localizado*

- **Alumbrado localizado:**

Produce un nivel medio de iluminación general, y se coloca un alumbrado directo para disponer un mayor nivel de iluminación en lugares específicos que se requieran.

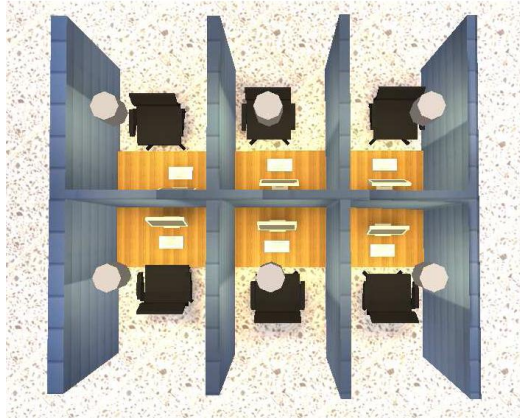


Figura 1.6. Alumbrado localizado

Para evitar las molestias de las adaptaciones visuales que tiene los diferentes tipos de alumbrado cuando se traslada de un lugar a otro debido a los diferentes tipos de iluminación, debido a esto debe existir una relación entre el nivel de iluminación de la zona del lugar de trabajo y el nivel de iluminación general del local. Estos valores se dan en la tabla 1.3.

Iluminación localizada lux <sup>6</sup>	Iluminación general mínima lux
250	50
500	75
1000	100
2000	150
5000	200
10000	300

Tabla 1.3. Relación entre los niveles de iluminación localizada – iluminación general<sup>7</sup>

#### 1.2.1.4 Departamentos, laboratorios y talleres

Los niveles de iluminación para diferentes ambientes deben ser los adecuados, es decir el nivel de iluminación de un estudio no es la misma que para un dormitorio o un taller. Para esto se debe tener datos fundamentales tales como tipo de actividad a desarrollar, dimensiones y características físicas del local a iluminar, conocidos estos datos se puede fijar la iluminancia media a obtener.

<sup>6</sup> Lux: unidad para la iluminancia o nivel de iluminación, equivale a un lumen/m<sup>2</sup>

<sup>7</sup> Tabla tomada de manual de luminotecnica OSRAM, página 286



La iluminancia media  $E_m$  se fija de acuerdo a la actividad a realizar, en la tabla 1.4 se muestra las iluminancias medias recomendadas para el alumbrado de interiores.

La iluminación para directa es usada también para resaltar la belleza de ciertos objetos o áreas del ambiente para brindar un toque decorativo al ambiente iluminado.

En los laboratorios y talleres se diseñan diferentes circuitos de iluminación, pues en estos locales es necesario un mayor número de luminarias para poder abarcar toda el área que se desea iluminar. Las luminarias que se utilizan en estos lugares deben tener características distintas a las utilizadas en las residencias, estas deben tener una mayor potencia, brillo y lo principal tener resistencia a los cambios bruscos de voltaje debido a los distintos trabajos que se realizan.

Clases de local y actividad	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	optimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavandería, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	700
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, salas de conferencia	450	500	750
grandes oficinas	500	700	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados	500	750	1000
<b>Industria</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	500	300	750

Tabla 1.4. Iluminancias recomendadas según tipo de local y actividad<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Tomado de: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>



## 1.2.2 Circuito de fuerza

### 1.2.2.1 Funcionamiento general

Los circuitos de fuerza son aquellos que se encuentran distribuidos en diferentes áreas para la conexión de artefactos eléctricos.

### 1.2.2.2 Cableado eléctrico

El cableado eléctrico de los circuitos de fuerza debe tener algunas consideraciones como es tener en cuenta el crecimiento que se puede tener en el futuro para no afectar la parte estética, la cual debe tener las reservas necesarias para ello.

Se debe tener en cuenta que se tiene que aprovechar la tubería que se utilice dependiendo del tipo de instalación varía el diámetro de la tubería de manera que se puede guiar en la tabla 1.5 la cual permite determinar con mayor certeza la tubería a usar en el diseño. Una importante observación acerca de la manera correcta de realizar una instalación eléctrica de interiores es que en el interior de la tubería no debe existir empalmes de los cables, ya sea para una tubería de PVC o la tubería metálica, tampoco se debe forzar el paso del cable por la tubería para el tendido eléctrico ya sea para acometidas para los tableros o hacia los medidores ya que esto puede provocar problemas con el tiempo como contactos a tierra por medio de la tubería de metal y provocar un corto circuito. Si el tramo es pequeño de un par de metros se pueden colocar cajas de derivación si se desea añadirlo, sean para tomas o iluminación. El uso de las tuberías de PVC se las utiliza en instalaciones en donde no se requiere la puesta a tierra además por el costo que es inferior frente a la tubería metálica otro factor importante es que por su flexibilidad para el manejo en las instalaciones domiciliarias.

Para las instalaciones eléctricas con tubería metálica se debe considerar el efecto a tierra de la tubería metálica ya que de esta manera se puede hacer la conexión a tierra mediante la tubería metálica ya que mediante este sistema se omite la colocación del conductor a tierra mediante toda la tubería metálica y que todas las carcasas metálicas de la instalación tengan una conexión a tierra.

Número máximo de conductores THW, THHW en tubos de PVC o CONDUIT.							
DIAMETRO TUBO (pulgadas)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
CALIBRE AWG							
14	4	8	13	23	32	55	79
12	3	6	10	19	26	44	63
10	2	5	8	15	20	34	49
8	1	3	5	9	12	20	29
6	1	1	3	7	9	16	22

Tabla 1.5. Número máximo de conductores THW THHN en tubos de PVC o CONDUIT<sup>9</sup>

Número máximo de conductores alojados dentro de tubería metálica											
Tipo de conductor	Sección del conductor (AWG)	Tamaño comercial tubo (Pulgadas)									
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
TW	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	10	5	8	15	24	33	55	96	145	190	243
	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
THW	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
THHW	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
THHN	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22

Tabla 1.6. Resumen número máximo de conductores alojados dentro de tubería metálica EMT<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Según norma NEC 2005



### 1.2.2.3 Elementos de consumo

Los circuitos de fuerza son diseñados para que no sobrepasen la capacidad recomendada, por lo que se considera como una potencia límite para cada circuito de fuerza de 2000 W, es decir que cada tomacorriente posee una salida de 200W. (10 tomacorrientes por circuito), los tomacorrientes deben estar polarizados y estar conectados a tierra, para brindar seguridad eléctrica. El calibre de los conductores que se utilizan para los circuitos de fuerza son 12 AWG para la línea de fase y neutro, además para efectos de cálculo de la demanda máxima no coincidente se usa un factor de coincidencia de 0,35 recomendado por la Centrosur., adicionalmente para la toma de tierra se usa cable calibre 14 AWG, los conductores deben ir por tuberías de PVC o en tubería EMT.

### 1.2.2.4 Área de instalación

Las aéreas de instalación son diversas ya sean en dormitorios, pasillo, salas, oficinas, cocina, etc., dependiendo también de la distribución de los electrodomésticos el número de máximo tomas es de 10 por circuito de acuerdo a las recomendaciones de la CENTROSUR siendo una carga total de 2000W por circuito.

## 1.2.3 Tomas especiales

### 1.2.3.1 Funcionamiento general

Las tomas especiales se caracterizan por ser un circuito directo sin derivaciones que van desde el tablero de distribución hacia el electrodoméstico o el dispositivo eléctrico de mayor consumo de energía y se caracterizan por un mayor consumo de corriente, algunos de los datos de potencia de algunos electrodomésticos de muestran a continuación<sup>11</sup>:

Lavadoras 2000W a 3000W  
Secadora 2000W a 3500W  
Cocina eléctrica 2000W a 7000W  
Duchas 2800W a 3500W

### 1.2.3.2 Tomas especiales

Las tomas especiales tienen su propia tubería y se caracterizan por tener una tubería de mayor diámetro que los otros circuitos se puede observar en la tabla 1.5 y tabla 1.6 del referenciados al código NEC en la cual se puede elegir el tipo de tubería sea esta PVC o la MTE debido a que el consumo de energía es alto comparado con los otros circuitos (iluminación y de fuerza), y por lo tanto los conductores deben tener un mayor calibre, además para la selección de la

<sup>10</sup> Según norma NEC 2005

<sup>11</sup> <http://www.electricidadbasica.net/consumos.htm>



capacidad del interruptor de protección se basa principalmente en el flujo de corriente de cada circuito, para varios valores de corriente se puede observar en la tabla 1.7 de acuerdo a esto se puede seleccionar el calibre de conductor de acuerdo al consumo de corriente, pero para tomas especiales el consumo de corriente de algunos electrodomésticos es elevado por lo que la CENTROSUR recomienda la instalación de circuitos individuales para cada toma especial .

mm <sup>2</sup>	0.83	1.30	2.08	3.31	5.26	8.37	13.30
AWG	18	16	14	12	10	8	6
Amp	10	13	18	25	30	40	55

Tabla 1.7. Ampacidad<sup>12</sup> del conductor en AWG y mm<sup>2</sup>  
Capacidad del interruptor

Se debe tener en cuenta el lugar donde se va a realizar la instalación de tomas especiales, los materiales tienen que ser de buena calidad para garantizar un buen servicio.

Si la instalación es en un lugar donde exista la presencia de agua o un líquido en particular se debe utilizar cajas de conexión que son cerradas llamadas cajas estancas, estas cajas existen en varios tamaños y cuenta con una puerta de acceso con llave especial para seguridad. Por ejemplo para instalaciones interiores se debe usar una caja estanca con un factor de protección IP 20 ya que en este caso solo se requiere protección contra el ingreso de elementos mayores a 12,5mm pero para esto se presenta una tabla para los distintos tipos de protección en la tabla 1.9 se presenta una lista de los diferentes grados de protección IP para que de esta forma se pueda seleccionar la caja estanca que se acomode al ambiente donde se va a colocar.

### 1.2.3.3 Áreas de instalación

#### ***Instalaciones domiciliarias***

Los circuitos especiales en estas áreas pueden ser de 110V o 220V, dependiendo a que aparato se vaya a conectar ya que ahora existen una variedad de aparatos con funcionamiento de 220V lo cual se utiliza un sistema bifásico, como son cocinas, lavadoras.

#### ***Instalaciones Industriales***

<sup>12</sup> NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10





En instalaciones eléctricas de tipo industrial, los voltajes usados son de 220v o superiores, ya que allí se trabajan con motores trifásicos y la potencia de los motores varía dependiendo de que se trate la industria.

Todos estos circuitos deben estar marcados para la seguridad de las personas que trabajan allí.

### 1.3 Cajas de conexión

Las cajas de conexión son partes fundamentales en una instalación eléctrica, ya que permite acomodar la llegada de los cables a través de tubería PVC o EMT, para realizar los empalmes de los cables y además permite la salida de cables para interruptores, para conexión de lámparas y el alumbrado en general también para el mantenimiento de las conexiones cuando sea requerido siendo un punto de acceso fácil los cuales no deben ser obstaculizadas por luminarias o por objetos que impidan el acceso. Estas cajas de conexión son usadas a más de la conexión para la protección de las conexiones de los cables, y para una futura ampliación. Las cajas de conexión de propósitos generales son rectangulares o redondas y dotadas de guías laterales para unir las mediante tubería con otras cajas.

En estas cajas de conexión se encuentran los empalmes y estos a su vez protegidos con cintas aislantes, pero con el paso del tiempo estas cintas pierden sus propiedades características de aislamiento, en el momento del mantenimiento pueden encontrarse mejores opciones en el mercado y poder reemplazarlas, se tiene algunos tipos como son:

- ✓ Cintas aislantes vinílicas: retardan las llamas, son resistentes a bajas y altas temperaturas, se adapta a cualquier superficie, es resistente a la humedad, ácidos, corrosión.
- ✓ Cinta de fibra de vidrio: Cintas para altas temperaturas, hasta 180°, según la resistencia de cada cinta puede utilizarse tanto para proporcionar un aislamiento estable al calor para aplicaciones en calderas, controles de horno, motores e interruptores como para sostener asbestos y vidrios en áreas de altas temperaturas, empalmes de cables para 150°C, 180°C, 200°C indicados también para reforzar aislaciones en cables expuestos a sobrecargas.
- ✓ Cintas aislantes de goma: Para empalmes de alta tensión con separador auto soldable.
- ✓ Cinta eléctrica electrostática: cinta de malla de cobre estañada compatible con todos los terminales y empalmes.





- ✓ Cinta eléctrica soldable de caucho silicona: cinta de alta temperatura 180°C.
- ✓ Cinta para control de campo: Es una cinta auto soldable.

Todas estas cajas ya sean rectangulares u octogonales tienen su capacidad de cables que pueden estar alojadas dentro de ellas como se muestra en la tabla 1.8.

Dimensiones y capacidad de las cajas de tendido eléctrico según el código NEC											
DIMENSIONES DE LA CAJA, TAMAÑO COMERCIAL O TIPO			VOLUMEN MINIMO		NUMEROS MAXIMOS DE CONDUCTORES AWG						
mm	Pulgadas	Forma	cm <sup>3</sup>	pulg <sup>3</sup>	18	16	14	12	10	8	6
101.6x31.75	4 x 1 $\frac{1}{4}$	redonda u octogonal	205	12,5	8	7	6	5	5	4	2
101.6x38.1	4 x 1 $\frac{1}{2}$		254	15,5	10	8	7	6	6	5	3
101.6x53.9	4 x 2 $\frac{1}{8}$		353	21,5	14	12	10	9	8	7	4
101.6x31.75	4 x 1 $\frac{1}{4}$	cuadrada	395	18,5	12	10	9	8	7	6	3
101.6x38.1	4 x 1 $\frac{1}{2}$	cuadrada	344	21	14	12	10	9	8	7	4
101.6x53.9	4 x 2 $\frac{1}{8}$	cuadrada	497	30,3	20	17	15	13	12	10	6
119x31.75	4 $\frac{11}{16}$ x 1 $\frac{1}{4}$	cuadrada	418	25,5	17	14	12	11	10	8	5
119x38.1	4 $\frac{11}{16}$ x 1 $\frac{1}{2}$	cuadrada	484	29,5	19	16	14	13	11	9	5
119x53.97	4 $\frac{11}{16}$ x 2 $\frac{1}{8}$	cuadrada	689	42,0	28	24	21	18	16	14	8
76.2x50.8 x38.1	3 x 2 x 1 $\frac{1}{2}$	dispositivo	123	7,5	5	4	3	3	3	2	1
76.2x50.8 x50.8	3 x 2 x 2	dispositivo	164	10,0	6	5	5	4	4	3	2
76.2x50.8x57.1	3 x 2 x 2 $\frac{1}{4}$	dispositivo	172	10,5	7	6	5	4	4	3	2
76.2x50.8x63.5	3 x 2 x 2 $\frac{1}{2}$	dispositivo	205	12,5	8	7	6	5	5	4	2
76.2x50.8x69.8	3 x 2 x 2 $\frac{3}{4}$	dispositivo	230	14,0	9	8	7	6	5	4	2
76.2x50.8x88.9	3 x 2 x 3 $\frac{1}{2}$	dispositivo	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
101.6x53.9x38.1	4 x 2 $\frac{1}{8}$ x 1 $\frac{1}{2}$	dispositivo	169	10,3	6	5	5	4	4	3	2
101.6x53.9x47.6	4 x 2 $\frac{1}{8}$ x 1 $\frac{7}{8}$	dispositivo	213	13,0	8	7	6	5	5	4	2
101.6x53.9x53.9	4 x 2 $\frac{1}{8}$ x 2 $\frac{1}{8}$	dispositivo	238	14,5	9	8	7	6	5	4	2
95.2x50.8x63.5	3 $\frac{3}{4}$ x 2 x 2 $\frac{1}{2}$	Cajas de mampostería a uso múltiple	230	14,0	9	8	7	6	5	4	2
95.2x50.8x63.5x88.9	3 $\frac{3}{4}$ x 2 x 3 $\frac{1}{2}$		344	21,0	14	12	10	9	8	7	4
FS profundidad min 44.5 mm		tapa simple uso múltiple	221	13,5	9	7	6	6	5	4	3
FD profundidad min 60,3 mm			295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
FS profundidad min 44.5 mm		tapa múltiple uso múltiple	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
FD profundidad min 60,3 mm			395	24	16	13	12	10	9	8	4

Tabla 1.8. Dimensiones de las cajas metálicas<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Fuente: código NEC

### 1.3.1 Cajas estancas

Este tipo de cajas se utilizan en instalaciones eléctricas a la intemperie, también están diseñadas para instalaciones eléctricas industriales, donde se requiere un recinto a prueba de agua, polvo o cualquier otro agente exterior, las cuales deben tener un grado de protección



Figura 1.7. Caja estanca

### 1.3.2 Grado de protección IP

Los niveles de protección están indicados por un código compuesto por dos letras constantes "IP" y dos números que indican el grado de protección.

El grado de protección es un sistema el cual indica la protección proporcionada por una envolvente<sup>14</sup>, para impedir el ingreso de cuerpos sólidos y de líquidos.

Los grados de protección IP vienen regulados por estándar estadounidense ANSI/IEC 60529-2004<sup>15</sup>, que son utilizados en los datos técnicos de equipamiento eléctrico y/o electrónico como sensores, medidores, controladores, etc..

El valor IP siempre se identifica mediante dos cifras como se muestra en la figura 1.8 y en la tabla 1.9 se presenta todos los valores IP para el grado de protección que se requieren para la selección de las cajas estancadas.

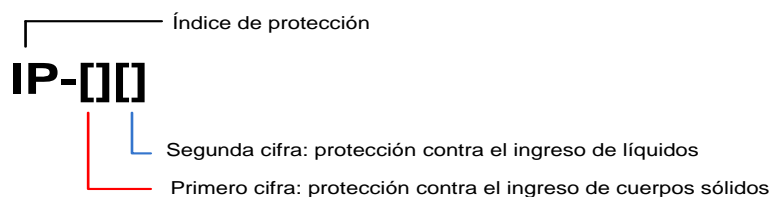


Figura 1.8. Grado de protección IP

- La primera cifra describe la protección contra el ingreso de objetos sólidos y contra cuerpos extraños, esta graduada desde el 0 al 6, mientras aumenta el valor de la cifra el impedimento de ingreso de cuerpos sólidos es mayor.
- La segunda cifra Indica el grado con el que se protegen los componentes contra la entrada de agua o cualquier liquido contra las consecuencias dañinas que de

<sup>14</sup> El termino envolvente hace referencia a la caja de protección

<sup>15</sup>Ref.: <http://extranet.facilisweb.es/files/2753/file/Grado.pdf>



ello resultan, esta graduada desde el 0 al 8, mientras aumenta el valor la cantidad de liquido que intenta penetrar es mayor .

### Grados de protección IP

Primera cifra		Segunda cifra	
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protegida contra elementos sólidos mayores a 50mm de diámetro no debe entrar completamente	1	<b>Protección frente a goteos de agua.</b> El agua no debe entrar cuando cae, durante 10 minutos, a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto
2	Protegida contra elementos sólidos mayores a 12,5 mm de diámetro no deben entrar por completo	2	<b>Protección frente a goteos de agua.</b> El agua no debe entrar cuando cae, durante 10 minutos, a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto. Esta prueba se realiza cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo siempre desde la posición normal de trabajo del equipo
3	Protegida contra elementos sólidos mayores a 2,5 mm de diámetro no deben entrar en lo más mínimo.	3	<b>Protección frente a agua nebulizada.</b> El agua nebulizada no debe entrar en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical, a un promedio de 10 litros por minuto.
4	Protegida contra elementos sólidos mayores a 1 mm de diámetro	4	<b>Protección frente a agua arrojada.</b> El agua arrojada, desde cualquier ángulo, a un promedio de 10 litros por minuto
5	Protegida contra ingreso de polvo pero no en su totalidad, la cantidad entrante no debe interferir con el funcionamiento del equipo.	5	<b>Protección frente a chorros de agua.</b> No debe entrar el agua arrojada a chorro, desde cualquier ángulo, a través de una boquilla de 6,3 mm. de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto.
6	Fuerte protección contra el polvo, no debe ingresar bajo ninguna circunstancia.	6	<b>Protección frente a chorros muy potentes de agua.</b> No debe entrar el agua arrojada a chorro, desde cualquier ángulo, a través de una boquilla de 12,5 mm. de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto.
		7	<b>Protección del equipo al ser inmerso en agua.</b> No debe haber filtración alguna de agua cuando el equipo sea inmerso completamente a 1 metro durante 30 minutos
		8	<b>Protección del equipo continúa al ser inmerso en agua.</b> El equipo (eléctrico/electrónico) debe soportar, sin filtraciones, la inmersión, completa y continua, a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del equipo con el acuerdo con el cliente

Tabla 1.9. Grados de protección IP



## 1.4 Tableros

### 1.4.1 Generalidades

El tablero eléctrico es la parte principal de una instalación eléctrica, dentro de él se encuentran todos los dispositivos de maniobra y protección de todos los circuitos eléctricos de una instalación, para proteger dicha instalación de sobre cargas o cortocircuitos.

La ubicación de los tableros debe ser en lugares seguros y fácilmente accesibles teniendo en consideración que si se instala en locales de reunión de personas el tablero debe estar en un lugar accesible para el personal de operación y administración<sup>16</sup>.

Para que una instalación eléctrica sea segura y funcional el numero de tableros está relacionado con los ambientes en los que este dividido la casa o edificio, es decir en una casa de dos plantas, se necesitarían dos tableros una para la planta baja y otro para la primera planta, en el caso de los edificios se requiere un tablero por departamento.

### 1.4.2 Clasificación

Dependiendo de la función y ubicación de los diferentes tableros de una instalación, estos se clasifican de la siguiente forma:

- ✓ Tablero General (T.G)
- ✓ Tablero General Auxiliar (T.G. Aux.)
- ✓ Tablero de Distribución (T.D.)
- ✓ Tablero de Control (T.C.)

### 1.4.3 Tableros generales

Los tableros principales son los que distribuyen la energía eléctrica proveniente de la red de distribución, sobre ellos se instalan los dispositivos de protección y maniobra que protege a los alimentadores y permite operar sobre toda la instalación, además de un borne de conexión para el conductor de puesta a tierra.

Se instala un tablero general en cualquier instalación en la cual exista más de un tablero de distribución, en el diagrama de bloques de la figura 1.9 se presenta la disposición del tablero principal

---

<sup>16</sup> COMITÉ EJECUTIVO DEL CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN (Creado Mediante el Decreto Ejecutivo N° 3970 15 de Julio 1996), pag.27.

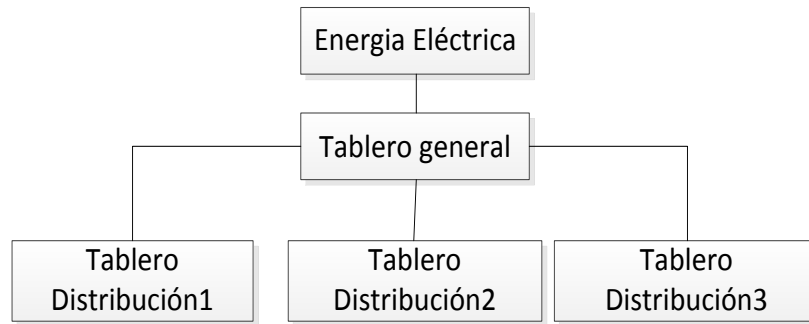


Figura 1.9. Tablero General en el caso de más de un tablero de distribución

Según el código eléctrico nacional (NEC). Todo tablero general de cual dependan más de seis alimentadores deberá llevar un interruptor general (disyuntor) o protecciones generales que permitan operar toda la instalación en forma simultánea. Figura 1.10

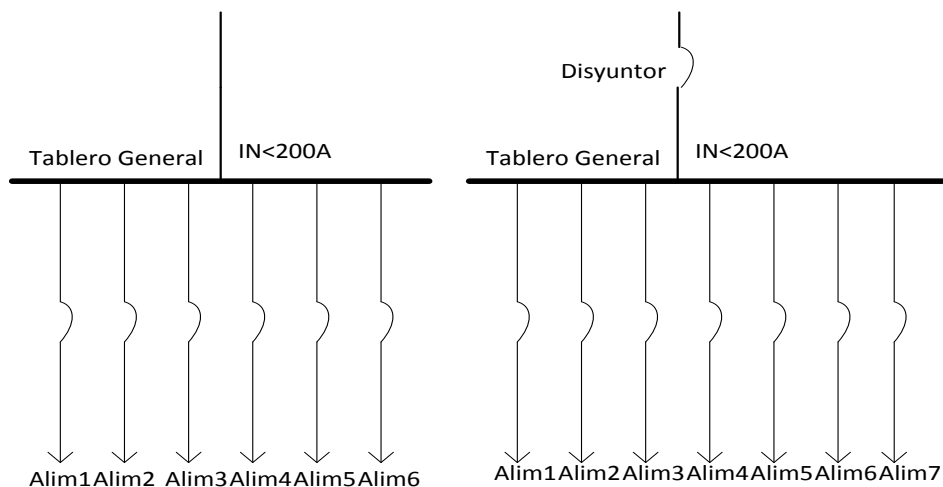


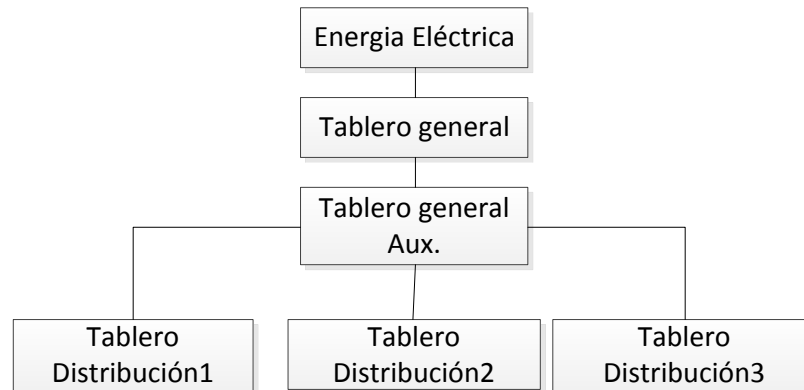
Figura 1.10. Condición de uso de protección general por número de alimentadores

Si la capacidad nominal del tablero es grande, deberán agregarse instrumentos de medida que indiquen la corriente y la tensión en cada fase e instalar en el mismo gabinete del tablero, luces pilotos que indiquen el funcionamiento de cada uno de los alimentadores o circuitos controlados desde ellos.

#### 1.4.4 Tableros generales auxiliares

Estos tableros son alimentados desde el tablero general y mediante ellos se protegen y operan a su vez a sus alimentadores o subalimentadores que

energizan a los tableros de distribución, en la figura 1.11 se muestra la configuración de los tableros auxiliares

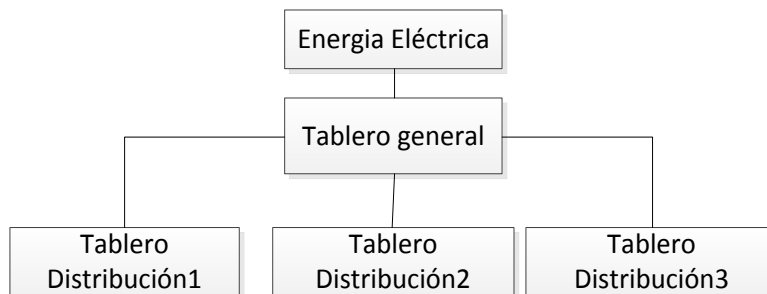


*Figura 1.11. Condición de uso de tableros generales auxiliares*

La protección general, instrumentos de medida y luces pilotos, también son aplicadas a tableros generales auxiliares.

#### 1.4.5 Tableros de Distribución

Son la parte principal del sistema de distribución, debido a que este tipo de tableros contienen los elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección y maniobra, de los circuitos en la que está dividida una instalación los cuales son: circuitos de iluminación, circuitos de fuerza y para los circuitos de cargas especiales. Estos tableros son alimentados directamente de los tableros generales o tableros generales auxiliares, como se puede observar en la figura 1.11 y la figura 1.12.



*Figura 1.12. Tableros de distribución*

Los tableros son diseñados para ser montados sobre la pared o en gabinetes, su principal función es:

- Distribuir la energía que llega desde el tablero general.
- Desconectar la alimentación de cada uno de los circuitos o de todos los circuitos debido a alguna sobrecarga o para efectuar algún tipo de revisión.



c. Proteger los circuitos eléctricos contra las sobrecargas y cortocircuitos.

En estos tableros utilizan los interruptores automáticos para la protección. Según el código de la NEC los tableros de distribución deben tener impresos los siguientes datos.

- ✓ La tensión nominal
- ✓ La corriente nominal
- ✓ El número de fases.
- ✓ El nombre de fabricante o la marca comercial

### **Ubicación**

Deben estar ubicados en lugares de acceso fácil y rápido y en frente de los tableros un metro de espacio libre .evitar colocar en lugares afectados por la humedad, polvo, vibraciones combustibles, donde exista sustancias peligrosas, temperaturas ambientes superiores a 50 °C, las cuales puedan afectar el servicio del tablero.

### **Accesibilidad**

Tienen como altura máxima es de 2m desde el suelo y como altura mínima es de 0.25 m. En cada tablero debe existir un plano de la instalación, especificando las cargas, los circuitos líneas principales y cualquier información que ayude a la descripción del tablero.

### **Distribución de carga**

Para la distribución de las cargas en un sistema trifásico se deberá sumar las demandas en cada una de las fases pero esto tiene su dificultad ya que las cargas varían a lo largo del día, entonces lo que se hace es hacer comparaciones de la carga entre las tres fases y procurar que sean lo mas próximas entre si. Esto se calcula con la siguiente formula:

$$\text{(Carga Mayor – Carga Menor)(100)/Carga Mayor.}^{17}$$

En un tablero de distribución como en de la figura 1.13 en el cual se alimentan los circuitos de distintos servicios, tales como fuerza, alumbrado, especiales u otros, las protecciones correspondientes a cada circuito se deben agrupar ordenadamente en las distintas secciones del tablero, la capacidad de potencia a cada circuito es distinta por lo cual se debe colocar la protección correspondiente a cada uno de ellos, por ejemplo para un circuito de iluminación se utiliza una protección 16 A, pero en la caso de un circuito de fuerza se tendrá que

<sup>17</sup> <http://es.scribd.com/doc/106499809/Cuadro-Car-Gas-Parte-1>

utilizar una protección de 20 A. Para poder aislar los distintos servicios y tener una mayor facilidad de manejo de cada uno de ellos.

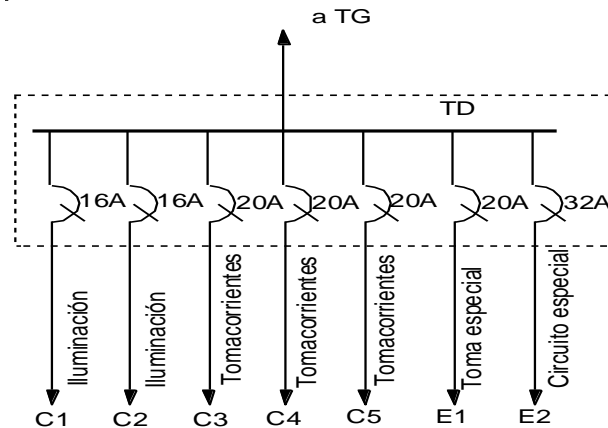


Figura 1.13. Orden de ubicación de protecciones en un tablero de distribución

## CAPITULO 2

### Sistemas de seguridad y comunicaciones

#### 2.1 Introducción

Los sistemas de seguridad están conformados con elementos de carácter físico y electrónico, estos sistemas de seguridad han evolucionando en los últimos años al igual que la tecnología avanza, debido a la inseguridad existente, entre los cuales se incluyen los robos a los domicilios algunas personas han optado por la instalación de sistemas de alarma, por esta razón existen varias empresas que ofrecen estos servicios., sea en sistemas de alarmas, sistemas de vigilancia, sistemas de video vigilancia, control de accesos, seguridad perimetral, sistemas de información digital, etc.

Algunos dispositivos instalados en las zonas residenciales que tienen los nuevos sistemas de seguridad y comunicaciones, pueden incorporarse a la red de datos y administrarse de forma inteligente para lograr mayor seguridad.

#### 2.2 Sistemas convencionales

##### 2.2.1 Funcionamiento general

Los sistemas actuales tienen la posibilidad de la detección de intrusos, rotura de vidrios, apertura de puertas, humo, calor, etc. Cuando cualquiera de estos eventos



ocurre se debe activar una alarma para dar aviso sobre cualquier cambio del estado del sensor que esté involucrado, ya sea por daños de la propiedad privada, emergencias, incendios etc.

### 2.2.2 Detectores

Estos dispositivos son capaces de detectar o percibir fenómenos físicos (temperatura), cambios de magnitud, concentración química, todos estos detectores operan bajo principios de funcionamiento diferentes. Estos cambios o alteraciones son detectadas por un circuito electrónico que controla un contacto normalmente cerrado, que en el momento de abrirse al detectar cualquier alteración acciona una alarmas ya sean acústicas, silenciosas, lumínicas, etc., en la figura 2.1 se muestra algunos tipo de detectores que se puede encontrar para integrar al sistema de protección del hogar.

Existe una gran variedad de detectores que tienen incorporados baterías (en el caso de suspensión del servicio eléctrico), sirenas, también con alertas lumínicas, etc.



*Figura 2.1. Detectores*

### 2.2.3 Detectores de humo

Los detectores de humo se activan cuando existen partículas visibles e invisibles producidas por la combustión, a la vez cuando se ha detectado la presencia de humo activan una alarma sonora para prevenir a los ocupantes de la vivienda evacuar el lugar a tiempo. Existen varios modelos de detectores de humo dependiendo del ambiente en donde se vaya a instalar para no alterar la estética del ambiente, en la figura 2.2 se observa algunos de los modelos. Pero se debe tener en consideración que algunos tipos de detectores de humo funcionan con baterías y en muchos casos por falta de mantenimiento dejan de funcionar.



Figura 2.2. Detectores de humo<sup>18</sup>

### 2.2.3.1 Tipos de detectores de humo

#### Detectores de humo óptico o fotoeléctrico

Los sensores del tipo fotoeléctrico reaccionan más rápido ante las llamas y estos dispositivos ofrecen una buena protección y se los puede usar sin ninguna preocupación. Su funcionamiento es básicamente de acuerdo a los efectos que el humo produce sobre la luz, ya que este tipo de sensor tiene incorporado una fuente de luz dentro de una cámara junto con una fotocelda sensible a la luz. Cuando el humo entra a la cámara, dispersa la luz y la refleja en la fotocelda, lo que activa la alarma, este sensor se lo puede ver en la figura 2.3



Figura 2.3. Detector de humo óptico

#### Los detectores de humo de ionización

Los detectores del tipo de ionización reaccionan más rápido ante los incendios y son más baratos. Internamente tienen una cámara de ionización del aire en la cual existe un flujo pequeño de corriente, esta cámara es sensible a la presencia de

<sup>18</sup> Imagen tomada de: [http://www.instalacionesroman.com/contraincendios\\_alarmas.htm](http://www.instalacionesroman.com/contraincendios_alarmas.htm)

humo, entonces el flujo de corriente disminuye cuando se adhieren las partículas de humo a los iones, cuando disminuye demasiado el flujo de corriente eléctrica se activa la alarma. En la figura 2.4 se presenta un modelo de este tipo de detectores



*Figura 2.4. Detector de humo de ionización*

## **2.2.4 Detectores de movimiento**

Estos dispositivos también son llamados detectores de presencia o interruptores de proximidad, son utilizados habitualmente en sistemas de seguridad, ya que su principal función es de detectar el movimiento de objetos tales como: vehículos del área de cobertura, y si detecta movimiento inmediatamente envía una señal de alarma.

### **2.2.4.1 Tipos de detectores de presencia**

#### **Detector infrarrojos pasivos**

La figura 2.5 es el detector de movimiento infrarrojo pasivo el cual tiene la función de detección de la radiación infrarroja de objetos o seres vivos que emitan calor. Se le llama “pasivo” porque no emite luz infrarroja ni ondas de radio sino que capta de las emitidas de una fuente de calor. Los objetos que se encuentran dentro una casa tiene la misma temperatura del medioambiente, los cuales no activaran el sensor. El detector tiene un lente especial que concentra la radiación infrarroja en su foco. La distancia de detección es aproximadamente de 7 m y se alimenta con 12V.



Figura 2.5. Detector de movimiento infrarrojo pasivo<sup>19</sup>

### Detectores de movimiento Infrarrojo-Microonda

Este tipo de sensores son más confiables ya que a más de la detección por infrarrojos cuenta con el uso de microondas, en la figura 2.6 se aprecia uno de los modelos para la detección de movimiento.

El uso de microondas es para enviar una señal desde el sensor hasta el alcance máximo, cuando la señal rebota su retorno permite confirmar que no hay obstáculos pero cuando su retorno es más rápido el detector se activa. La ventaja que posee este sensor es que se tiene que detectar la anomalía con la parte de microondas y la parte infrarroja de manera simultánea, de esta forma se evita falsas alarmas.



Figura 2.6. Sensor de movimiento microondas/ infrarrojo<sup>20</sup>

### 2.2.5 Detectores de gas

Son dispositivos que detectan la presencia de gases los cuales pueden ser: gas natural, butano, propano, monóxido de carbono, así como la presencia de humo

<sup>19</sup> Imagen tomada de: <http://products.boschsecurity.com.ar/>

<sup>20</sup> Ref.: <http://tecnoseguridad.netii.net/sistemas-intrusion/detectores-volumetricos/detectores-volumetricos/>

procedente de un incendio. Cuando se produce una fuga de gas, el detector emite una alarma visual o sonora que alerta a las personas o sino al centro de monitoreo.

Dependiendo del modelo, estos equipos pueden cortar el suministro de electricidad y evitar así el contacto entre el gas y una chispa. Estos detectores disponen de un sensor eléctrico, que varía su conductividad o características eléctricas cuando entra en contacto con el gas. La alarma sonora y visual se activa en el momento que se detecta el gas en el ambiente para evitar que su concentración sea peligrosa. El modelo de detector de gas de la figura 2.7 presenta un diseño sencillo y de fácil instalación para alertar a las personas sobre la presencia de gas en el ambiente.



*Figura 2.7. Detector de gas<sup>21</sup>*

### **2.2.5.1 Tipos de alarma**

Los tipos de alarma dependen del gas que se va a detectar de sus funciones ya que se puede activar sol una alarma sonora o interrumpir el paso de gas para evitar un incendio.

### **2.2.5.2 Alarmas simples:**

Estos dispositivos emiten un pitido cuando se superan las concentraciones de gas admitidas por estos dispositivos. Este dispositivo se muestra en la figura 2.8 el cual solamente requiere la conexión a un tomacorriente.

<sup>21</sup> Ref.: [http://www.inforsecuritel.com/product\\_info.php?products\\_id=815](http://www.inforsecuritel.com/product_info.php?products_id=815)



Figura 2.8. Alarma sonora simple

### 2.2.5.3 Alarmas luminosas:

Estos dispositivos además del sonido incorporan indicadores luminosos. Técnicamente se tiene tres luces: la verde para indicar el correcto funcionamiento, la roja como alarma y la amarilla para indicar que existe algún fallo en el funcionamiento.

### 2.2.5.4 Detectores con corte de suministro de gas

Estos dispositivos a más de dar la alarma están conectados a dispositivos tales como electroválvulas que permite el corte de suministro de gas. Figura 2.9



Figura 2.9. Detector de corte de gas<sup>22</sup>

### 2.2.6 Detectores magnéticos

Están compuestos de dos piezas uno es un imán permanente y la otra un contacto que permanece cerrado cuando se encuentra presente un campo magnético, en la figura 2.10 se aprecia la forma que tienen los contactos magnéticos, estos dos elementos deben instalarse de manera que el imán este junto con el contacto en la esquina superior de las puertas o ventanas, en los sistemas cableados, el contacto es conectado físicamente al panel de control. De esta manera se percibe la separación de la hoja de la puerta del marco, entonces con la apertura mínima de la puerta ya actúa el sistema de alarmas.

<sup>22</sup> [http://www.inforsecuritel.com/product\\_info.php?products\\_id=181](http://www.inforsecuritel.com/product_info.php?products_id=181)



*Figura 2.10. Detectores magnéticos*

Por su funcionamiento puede operar por medio de dos modalidades:

- ✓ uso normal.-permite el informar el estado de una puerta al sistema (Abierta o cerrada).
- ✓ modo de seguridad.-por su función de interruptor se interrumpe el paso de corriente cuando la puerta ha sido abierta para que el sistema active una alarma.

### **2.2.7 Detector de rotura de vidrios**

El funcionamiento del dispositivo es mediante el sonido característico de un vidrio al quebrarse, mediante un micrófono, su instalación es en ventanas, puertas corredizas de vidrio, etc. Los detectores se colocan frente al elemento a las ventanas siendo estos los elementos a proteger<sup>23</sup>. Figura 2.11.



*Figura 2.11. Sensor de rotura de cristal electrónico con micrófono*

<sup>23</sup> Ref.: <http://hiperalarma.com/Detectores-de-alarma>

### 2.2.8 Cercas eléctricas

Es un sistema de seguridad perimetral compuesto de cables desnudos sujetos con aisladores los cuales van incorporados a postes pequeños sobre la pared de un domicilio o de un lugar amplio que se requiera, el sistema está conectado a un energizado, el que emite en pulsos eléctricos, no letales pero de alto voltaje y de bajo amperaje, al ser un sistema de corriente alterna evita que un individuo quede sujeto al cable. Esta característica es la que convierte al sistema en el más seguro para evitar la entrada a intrusos.

El equipo monitorea constantemente el estado del cerco eléctrico y activará una alarma en caso de detectar corte del alambre o contacto cuando existe una circulación de corriente hacia tierra, cuando esto ocurre se activa una alarma.

Los Cercos Eléctricos, cuentan con su propia fuente de poder que les permite continuar en funcionamiento, por aproximadamente 24 horas continuas en caso de cortes de energía. Figura 2.12

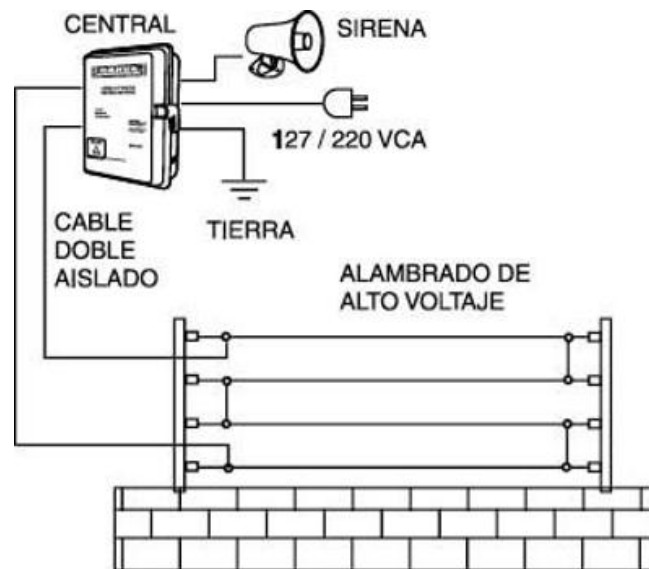


Figura 2.12. Cercado eléctrico<sup>24</sup>

### 2.2.9 Porteros eléctricos

Un portero eléctrico como el de la figura 2.13, está compuesto por elementos eléctricos y electrónicos para permitir la comunicación de una persona que se encuentra en la puerta del exterior de una casa o departamento con la persona que se encuentre en el interior.

<sup>24</sup> Imagen tomada de: <http://www.protecciontitanium2948.com>





Figura 2.13. Portero eléctrico<sup>25</sup>

### 2.2.9.1 Funcionamiento

Se trata de un interfono de comunicación doble desde la casa hacia la calle, con posibilidad de abrir una puerta ya que abre la cerradura y permite el paso hacia el interior. En lugares donde existen varios departamentos existe la posibilidad de la instalación de una placa de pulsadores, en donde se identifique el número de departamento o el nombre del inquilino.

Existen diversos sistemas de instalación, siendo la más tradicional la del sistema 4+1, es decir: dos hilos para la alimentación, uno para comunicación, uno para la cerradura eléctrica y uno más para la llamada desde la calle.

### 2.2.9.2 Servicio.

El uso común de los porteros es permitir la comunicación entre la puerta la calle y el usuario en el interior de la casa, además cuenta con la función para abrir la puerta desde el interior mediante un pulsante que activa una cerradura eléctrica la cual abre la puerta. Existen modelos modernos como el que se presenta en la figura 2.14 los cuales permiten la privacidad entre los usuarios con un dispositivo de video para observar a la persona con quien se habla, este tipo de porteros se llama video portero.

<sup>25</sup> Imagen tomada de: <http://www.preciolandia.com/ar/portero-commax-intercomunicador-liquidam-71ugwh-a.html>



Figura 2.14. Video portero<sup>26</sup>

Los fabricantes de porteros han incorporado la posibilidad de abrir la puerta mediante un teclado de acceso, aunque existe la posibilidad de utilizar los sistemas de acceso mediante tarjeta magnética sin contacto.

### 2.2.10 Garajes

Una aplicación que se puede dar es a la puerta de un garaje para la apertura y cierre de la puerta, con la combinación de dispositivos que mejoran la seguridad de la vivienda, tales como mediante un control remoto infrarrojo para abrir o cerrar a distancia, mediante un foto célula para detectar la presencia de un obstáculo para impedir el proceso de cierre mientras el obstáculo este presente.

## 2.3 Sistema celular

### 2.3.1 Comunicación móvil

En todas la comunicaciones móviles donde el transmisor y receptor están en movimiento se ha excluido el uso de cables para la comunicación por lo tanto se considera como comunicaciones vía radio.

Entre las mayores ventajas de la comunicación vía radio están la movilidad tanto del transmisor y receptor, también el ancho de banda y el rápido crecimiento del mismo ya que cada día existen innovaciones en cuanto a dispositivos móviles y cada vez más pequeños pero con grandes capacidades de procesamiento de datos y que pueden ser transportados de un lugar a otro sin perder la conexión.

### 2.3.2 Telefonía celular

Es un sistema de radiocomunicación que funciona en una zona geográfica dividida en pequeñas áreas llamadas celdas, cada una de las cuales contiene una estación

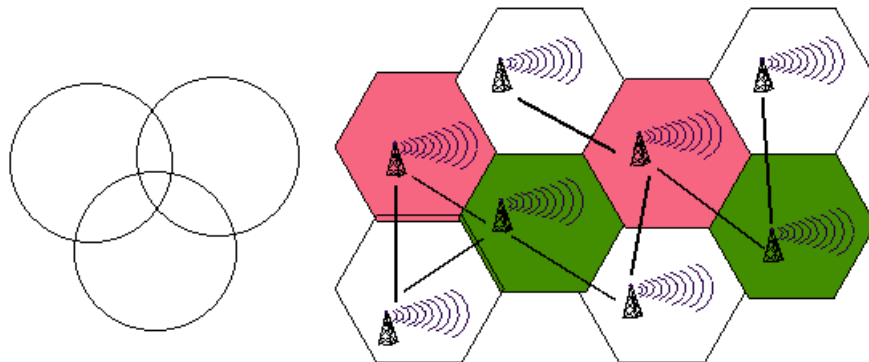
<sup>26</sup>Imagen video portero: [http://www.conmutelgdl.mex.tl/352137\\_Videoporteros-Commax.html](http://www.conmutelgdl.mex.tl/352137_Videoporteros-Commax.html)

de transmisión-recepción radioeléctrica. Su aspecto principal es el re-uso de frecuencias.

### 2.3.3 Celda o Célula

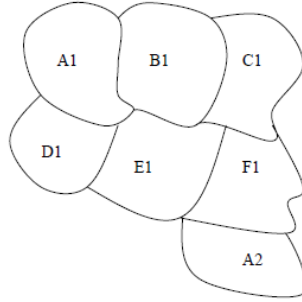
En el sistema celular el área de cobertura está dividida en celdas. Una celda está conformada por un transmisor o por un pequeño grupo de transmisores. Pero el tamaño de la celda depende de la potencia del transmisor, número de canales, posición y altura de la antena, área para el servicio y la sensibilidad del receptor.

La forma de celdas utilizadas en los sistemas móviles son del tipo hexagonal, la forma hexagonal de la celda es conceptual y es un modelo simple para mostrar la cobertura de radio de cada estación base, el hexágono es un polígono regular por su forma fue adoptada universalmente porque permite un análisis fácil y manejable del sistema celular ya que al utilizar celdas hexagonales el número de celdas es mínimo. El uso de una forma circular deja espacios sin cobertura o regiones solapadas y con la celda hexagonal se obtiene cobertura total, las figuras que pueden cubrir un área sin solapamiento son: un cuadrado, triángulo equilátero y el hexágono; para una distancia entre el centro del polígono y los puntos más alejados dentro del perímetro, el hexágono cubre una área mayor y por lo tanto se requiere menor número de celdas para cubrir un área y además el hexágono se aproxima más a un patrón de radiación circular que se representa en la figura 2.15.



*Figura 2.15. Forma de las celdas*

El área real de cobertura de una celda es conocida como pisada (footprint) y es por naturaleza amorfa y se determina mediante medidas de campo o modelos de propagación en la figura 2.16 se presenta el modelo.



*Figura 2.16. Naturaleza amorfa de las celdas*

El tipo de celda a utilizar depende principalmente de la densidad de la población los parámetros físicos del área, de lo cual se tienen diferentes tipos de celdas que son las siguientes:

- *Las Macro-celdas* son aquellas utilizadas en grandes zonas geográficas donde existe la población dispersa.
- *Las Micro-celdas* son las utilizadas comúnmente en las ciudades donde la población es densa, lo que permite el incremento de usuarios.
- *Celdas selectivas* están diseñadas para dar cobertura a zonas menores a 360 grados.
- *Celdas de paraguas* este tipo de celdas son usadas para reducir el número de hand-overs que se produce cuando un móvil cambia rápidamente de celdas y una característica destacada de este tipo de celdas es que el nivel de potencia es mayor y se las utiliza para disminuir el tráfico de la red.

#### **2.3.4 Clúster**

El clúster es llamado también agrupación de celdas, como se observa en la figura 2.17 en el cual todas las frecuencias disponibles de la red se encuentran en el clúster, en donde ninguna de las frecuencias puede ser reusada. Para el re-uso de frecuencias se debe tener en consideración el número de celdas del cluster, típicamente se agrupan en 4,7,12 o 21 celdas para evitar la interferencia co-canal cuanto menor es el tamaño del clúster, será menor el número de frecuencias que requiera ya que las celdas reciben menos tráfico.

Para tener el tamaño óptimo del clúster se debe tener en consideración la capacidad del tráfico (a maximizar), Rendimiento espectral (BW) e Interferencia.

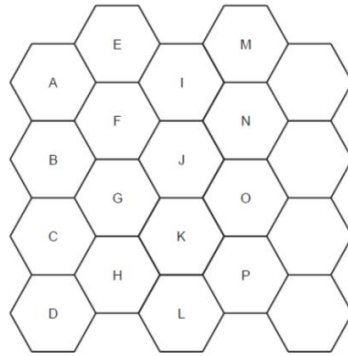


Figura 2.17. Clúster de celdas <sup>27</sup>

### Reutilización de frecuencias

La reutilización de frecuencias se trata replicar un clúster para usar las mismas frecuencias portadoras para cubrir distintas áreas pero se debe tener una distancia considerable de separación, para evitar la interferencia co-canal

Para la reutilización de frecuencias se asigna a cada celda un número de canales disponibles, los cuales son diferentes entre las celdas vecinas. En la figura 2.18 se presenta la forma este método.

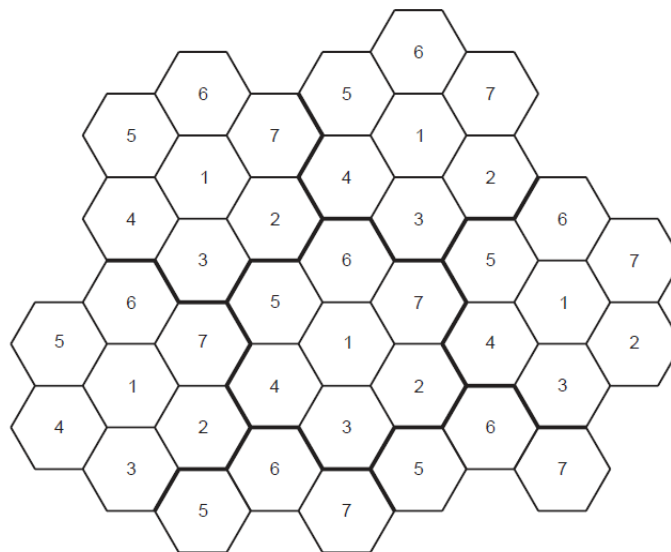


Figura 2.18. Reúso de frecuencias <sup>28</sup>

<sup>27</sup> Ref.: Web, William. Understanding Cellular Radio. 1998.

<sup>28</sup> Ref.: Web, William. Understanding Cellular Radio. 1998.



El reuso de frecuencias ocasiona interferencia, para que no exista este inconveniente se usa la siguiente relación:

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3 * N} \quad (ec. 1)$$

Donde:

**Q:** es la relación de re-uso de canal

**D:** es la distancia mínima entre celdas con el mismo número de canales

**R:** es la distancia desde el centro de la celda al punto extremo de la misma

**N:** numero de celdas en cada clúster.

### 2.3.5 Estrategias de Handoff

Cuando un móvil se mueve de una celda a otra cuando una conversación esta en progreso la MSC automáticamente transfiere la llamada a un nuevo canal de la celda vecina con el propósito de no dejar caer la llamada y para que se mantenga la relación señal ruido a un nivel adecuado durante el transcurso de la llamada.

### 2.3.6 Capacidad del sistema

La capacidad del sistema celular es el tráfico total que puede soportar, la capacidad del sistema está en función del número de los canales utilizados, el tamaño de las celdas y el tamaño del clúster.

## 2.4 Sistemas inalámbricos

Estos sistemas en los últimos años han ganado terreno las comunicaciones inalámbricas debido a sus prestaciones que cada vez aumentan, porque se desarrollan nuevas aplicaciones.

Las redes inalámbricas permiten acceder a la información y algunos recursos sin la necesidad de una conexión física mediante cables. Los estándares de las redes inalámbricas tienen mecanismos de seguridad para que las redes sean igual de seguras como las redes cableadas existentes.

Estas redes presentan ventajas económicas respecto a las redes cableadas ya que no se requiere una infraestructura compleja para realizar las conexiones entre los diferentes equipos de la red.

### 2.4.1 Tecnologías inalámbricas

#### Infrarrojos

Esta tecnología es muy limitada por su corto alcance, y por la necesidad que se comuniquen entre dispositivos no debe existir obstáculos y además por la baja



velocidad de transferencia de datos de hasta 115kbps. Esta tecnología fue usada en computadoras portátiles, celulares y en algunas impresoras, pero actualmente se requiere mayor velocidad debido al avance tecnológico de los dispositivos.

Para la comunicación con esta tecnología se requiere al menos un receptor y un transmisor pero siempre deben estar muy cerca y no se puede trasladar de un lugar a otro con el dispositivo.

En la actualidad se lo utiliza en los controles remotos de televisores, el enlace funciona cuando se apunta el transmisor directamente hacia el receptor.

### Bluetooth

Este es un enlace de alcance corto que tiene un alcance no mayor a 10 metros, de igual manera se puede interconectar teléfonos celulares, computadoras y otros dispositivos que cuenten con esta tecnología. Cada dispositivo debe tener un microchip transeiver que funcione en la frecuencia de 2.4 GHz. Los datos pueden intercambiarse con velocidades de hasta 1 Mbps, la tecnología ha sido desarrollada para operar en una red multiusuario ya que la red puede ser punto a punto o punto multipunto, ya que el canal puede compartirse con varias unidades, una de las ventajas es que tiene mayor poder de penetración en paredes para la comunicación con otros dispositivos con bluetooth.

#### 2.4.2 Módulos IP.

El protocolo es equivalente a la capa de red (nivel 3) en el modelo OSI de la figura 2.1.

Capa OSI	Propósito	Servicios Proporcionados
7. Aplicación	Compatibilidad de aplicación	Tipos y Objetos estándar, propiedades de configuración, transferencia de ficheros, servicios de red.
6. Presentación	Interpretación de datos	Variables de red, mensajes de aplicación.
5. Sesión	Control	Petición-Respuesta, autenticación.
4. Transporte	Fiabilidad punto a punto	Reconocimiento punto a punto, tipo de servicio.
3. Red	Entrega de mensajes	Direccionamiento unicast y multicast, enrutamiento de paquetes.
2. Enlace	Acceso al medio	Codificación de datos, chequeo de errores, acceso al medio, detección y anulación de colisiones, prioridad.
1. Física	Interconexión eléctrica	Interfaces específicos del medio y esquemas de modulación.

Tabla 2.1. Modelo OSI



En este nivel se logra la comunicación de todos los dispositivos que cuenten con este protocolo sin importar la tecnología del hardware topología de red, etc. Las características más destacadas son:

- Tiene una interface de red homogénea y estable, cada dispositivo tiene una dirección IP de 32 bits que los identifica de manera única en toda la red.
- Gestiona el enrutado de datagramas a dispositivos en otras redes físicas que están separadas por muchos kilómetros.

En los últimos años el numero de dispositivos a crecido mucho y ello conlleva a tener problemas con el protocolo IP original denominado “IP versión 4” el principal es de congestión, encaminamiento y seguridad, esto ha llevado a una ampliación que se denomina como “IP versión 6”.

## CAPITULO 3

### Los sistemas domóticos

#### 3.1 Definición

La domótica es un término con el que se puede definir la automatización una vivienda, logrando gestión de energía, seguridad y bienestar. El control puede ser realizado desde dentro y fuera del hogar, considerando que tipo de dispositivos se desee controlar.

Para definir el término domótica se considera que la palabra proviene de las palabras “domus” que significa casa en latín y “tica” que proviene de automática, con estas cortas definiciones se define la automatización de una vivienda.

#### 3.2 Generalidades

La domótica es la automatización mediante un control centralizado de todos los electrodomésticos para el encendido y apagado del mismo permitiendo un ahorro energético, pero se ha considerado el uso de la transmisión de pequeños paquetes de datos mediante la red eléctrica el cual es el sistema X10 que se describe su funcionamiento más adelante.

#### 3.3 Los dispositivos

La solución domótica varía desde el control de un único dispositivo que realiza una acción, hasta sistemas bastante amplios que controlan todos los dispositivos dentro de la vivienda.

Los dispositivos que incluyen en el sistema domótico son:





- **Controlador:** son los dispositivos que gestionan todo el sistema dependiendo de la programación y de la información que reciben.
- **Actuador:** es el dispositivo que tiene la capacidad de ejecutar una función sobre un aparato dentro de la vivienda de encendido o apagado cuando recibe una orden del controlador.
- **Sensor:** es un dispositivo que monitorea el entorno, enviando información sobre el estado del mismo.
- **Bus:** es el medio de transmisión por donde se transporta información entre los distintos dispositivos por un cableado propio o por redes de otros sistemas los cuales son: red eléctrica, red de datos o de forma inalámbrica.
- **Interface:** las interfaces se refieren a los dispositivos que contienen pantallas, teclados y otros elementos para interacción de una persona para enviar y obtener información para interactuar con el sistema.

### 3.3.1 Actuación de los sistemas domóticos

Estos sistemas interactúan con los aparatos eléctricos y electrodomésticos de una vivienda según las siguientes consideraciones:

- la programación y su configuración
- la información obtenida por los sensores
- la información obtenida desde otros sistemas interconectados
- la interacción directa de los usuarios

### 3.4 Los estándares de la domótica

Los protocolos utilizados en la comunicación son procedimientos utilizados para la comunicación entre los dispositivos. Actualmente existen varios protocolos desarrollados para la domótica, estos son:

Estándar abierto	uso libre para todos
Estándar bajo licencia	abierto para todos bajo licencia
Propietario	uso exclusivo del fabricante

Tabla 3.1. Tipos de protocolos

### 3.5 Elección de los sistemas de domótica

No existe un sistema que sea mejor que otro, todos los sistemas tienen sus ventajas y sus inconvenientes sin embargo existen varios sistemas con los cuales se puede satisfacer las diferentes necesidades en una vivienda y se debe tener en cuenta algunos aspectos.



- **Tipo y tamaño de la vivienda.** Es decir el tipo de vivienda si es unifamiliar, apartamento, etc.
- **Nueva o construida.** Si la vivienda aun no se ha construido existe la libertad para la instalación de cualquier sistema, pero si ya está construida buscar un sistema que se adapte mejor a la vivienda.
- **Las funcionalidades.** Se basa en los hábitos de sus habitantes.
- **La integración.** Se basa en el análisis de seleccionar los electrodomésticos para interactuar.
- **Los interfaces.** Se los realiza mediante pantallas táctiles, computadores, móvil, web, etc.
- **Costos.** El costo varía entre los diferentes tipos de sistemas domóticos y se debe equilibrar el costo final con algunos factores que deberá cumplir.

### 3.5.1 Características de los sistemas domóticos

Generalmente un sistema domótico debe cumplir con algunas características destacables las cuales son:

- **Fácil de usar.** La interface de usuario debe ser intuitiva y fácil de usar.
- **Flexible.** En donde sean posibles algunas ampliaciones y modificaciones sin que con ello se involucre dificultades de configuraciones.
- **Modular.** Para permitir futuras ampliaciones y que un fallo en alguno de ellos no involucre a todo el sistema.

### 3.5.2 Aplicaciones

#### Ahorro energético

Es un aspecto es de mucha importancia ya que para lograr este objetivo existen muchas opciones, pero en muchos de los casos no es necesario sustituir los aparatos de consumo por otros que sean más eficientes sino tener una gestión energética de los mismos teniendo en cuenta la desconexión de equipos donde su uso no es prioritario.

#### Confort

El confort se puede ligar con la automatización para llevar a cabo las tareas de apagado general de la iluminación en cada punto de luz o según como se lo requiera.

La regulación de la iluminación según el ambiente.

Integración del portero al teléfono y el video portero a un televisor

Activación automática de persianas.



Supervisión de cualquier dispositivo eléctrico.

## Seguridad

Control de ingreso con la identificación de los usuarios, control de presencia y de intrusos y la posterior persuasión.

Simulador de presencia realizando acciones cotidianas tales como: encendido y apagado de luces a determinadas horas.

Video vigilancia a través de cámaras distribuidas en lugares que sean estratégicos.

### 3.6 Estándares y sistemas propietarios

En la actualidad existen varios estándares y sistemas propietarios los cuales se presentan a continuación:

Estándares	Sistemas Proprietarios	
BACnet	Amigo	GIV
BatiBus	Biodom	Hometronic
CEBus	Cardio	Maior-Domo
EHS	Concelac	PLC
EIB	Dialoc	PlusControl
HBS	Dialogo	Simon VIS
HES	Domaike	Simon Vox
Konnex	Domolon	Starbox
LonWorks	DomoScope	Vantage
X-10	Domotel	VivimatPlus

Tabla 3.2. Estándares y Sistemas Proprietarios domóticos.

### 3.7 Comunicaciones por la red eléctrica

La instalación eléctrica domiciliaria conformada por pares de cobre tiene la capacidad de guiar señales eléctricas hasta los 300KHz según la normativa de la FCC<sup>29</sup> que se puede transmitir señales desde los 100KHz hasta los 400KHz para transmitir información modulada por la red eléctrica<sup>30</sup>. Los primeros proyectos desarrollados fueron desarrollados entre los años 1976 y 1978, en Glenrothes Escocia por Pico Electronics Ltda. y la empresa de sistemas de audio BSR. El propósito de las empresas era de controlar un dispositivo eléctrico de forma

<sup>29</sup> FCC: Federal Communications Commission

<sup>30</sup> Ref.: Penagos, Hernan Paez. «Sistema de comunicacion de datos a través de la red eléctrica domiciliaria.» *Universidad de los Andes Colombia*.



remota usando la red eléctrica. Como resultados de experimentación nace el protocolo X10.

### **3.7.1 Interferencias entre la señal de 60Hz y datos**

La señal de la red eléctrica de 60Hz, puede estar distorsionada y causar interferencia a los datos. Las causas son por la presencia de cargas no lineales y la contaminación procedente debido a la industria. Otra causa de interferencia son los transitorios<sup>31</sup>. La solución es modular los datos a frecuencias de 100KHz y 500KHz

### **3.8 Protocolo X10**

Este protocolo permite comunicarse aprovechando el cableado eléctrico como medio de comunicación que normalmente es de 120V de una instalación domiciliaria que es monofásica, permitiendo controlar dispositivos eléctricos como televisores, radio, horno, etc.

El protocolo se basa en el envío de mensajes cortos y sencillos entre módulos X10 compatibles.

Los productos X10 son compatibles entre sí y combinándolos se puede formar un sistema adecuado de acuerdo a las preferencias del usuario final.

La ventaja de este protocolo que es un protocolo abierto y cualquier fabricante los puede producir.

#### **3.8.1 Arquitectura del sistema X10**

Debe ser totalmente flexible hay que todos los módulos receptores pueden cambiar de lugar para realizar diferentes tareas con solo cambiar su código de casa y su código numérico. De igual manera un mismo transmisor puede activar diferentes receptores siempre y cuando sus direcciones sean las mismas. En la figura 1.12 se observa un esquema de la arquitectura del sistema X-10.

---

<sup>31</sup> Sobre tensiones de corta duración (menos de 1ms ) y elevadas corrientes

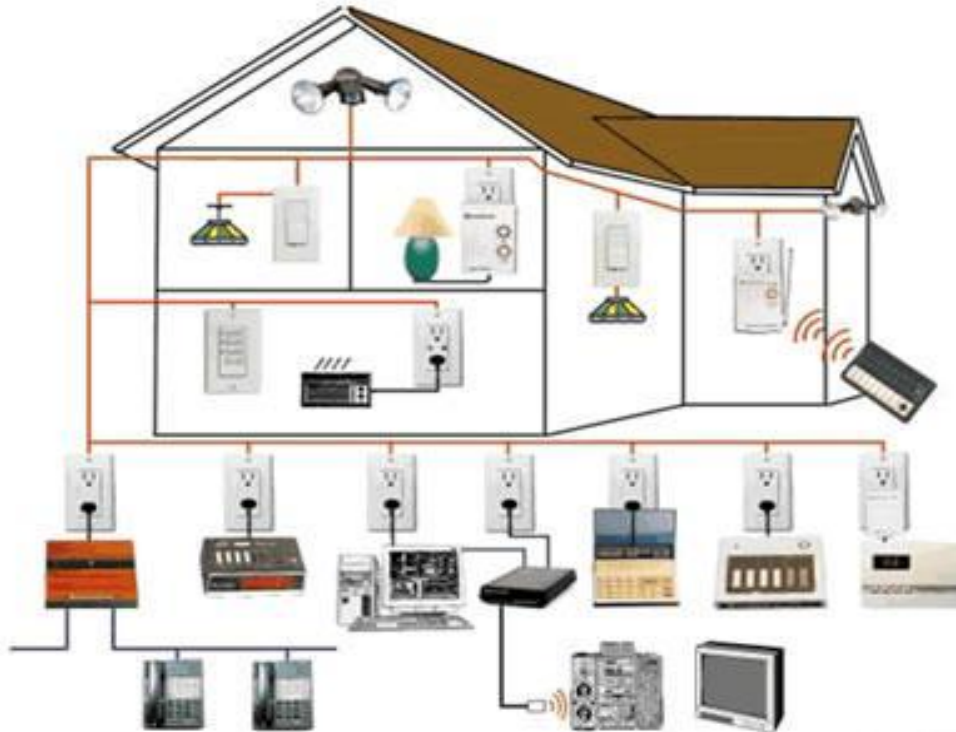


Figura 3.1 Arquitectura del sistema X10<sup>32</sup>

### 3.8.2 Consideraciones de diseño para el sistema x10

Las consideraciones varían de acuerdo a algunos factores que varían según el uso que se quiera dar.

Algunos de estos factores son:

#### **Tamaño de la residencia:**

Al considerar el tamaño de la residencia se puede tener una idea de las distancias entre el transmisor y receptor. La importancia de la distancia radica en la atenuación de las señales que se produce durante la transmisión de los datos, en consecuencia se produce pérdida de datos.

#### **Medio de comunicación:**

El medio de comunicación en una vivienda es por la red eléctrica y el mismo que debe estar en buenas condiciones, en el peor de los casos en donde se tuviere demasiado ruido eléctrico se recurre a la transmisión por radio frecuencia es más eficiente así como costosa.

<sup>32</sup> Imagen tomada de: <http://www.aquihayapuntes.com/x-10.html>



### **Estado de medio de transmisión:**

Para lograr una óptima transmisión por la red eléctrica se debe conocer un poco sobre el cableado existente, ya que si la instalación es vieja es posible que existan malos contactos los cuales pueden producir un mal funcionamiento de los equipos.

### **Selección del tipo de transmisor:**

El transmisor seleccionado debe controlar todos los dispositivos conectados a la misma red eléctrica ya que puede controlar dispositivos locales, pero se debe considerar que los puede controlar remotamente mediante radio frecuencia. Para este caso se considera el uso de una computadora con el transmisor conectado a ella ya sea con la conexión directa a la red eléctrica o mediante un transmisor de radio frecuencia.

### **Selección del tipo de receptor:**

Cuando ya se conoce el tipo de transmisor se selecciona el receptor adecuado considerando el tipo de carga que se va a controlar. Otro aspecto importante es considerar si los receptores son unidireccionales o bidireccionales esto es de importancia porque los receptores bidireccionales tienen la tarea de comunicarse con la computadora central.

Respecto a las cargas a controlar se debe considerar si son del tipo inductivo o resistivo. Esto porque los dispositivos del modulo cambian según el caso.

### **Control de iluminación:**

Los módulos que son diseñados para esta función pueden controlar la energía entregada a los dispositivos para aumentar o disminuir los niveles de iluminación.

### **3.8.3 Seguridad de la información**

Un inconveniente que afronta el protocolo X10 es que cualquier dispositivo conectado a la red eléctrica tiene acceso a la información X10. Una solución es colocar un filtro a la entrada de la residencia, con esto se garantiza que la información transmitida no se detecte fuera de la residencia.

Actualmente los sistemas de transmisión de datos tienen cifrado de datos, pero los dispositivos X10 deben tener la capacidad de procesamiento criptográfico<sup>33</sup> pero con esto se incrementa el costo de los mismos.

---

<sup>33</sup> Criptografía: proteger la información para que sea ilegible por personas no autorizadas





### 3.9 Filtrado del ruido en la red eléctrica.

Para una mejor operación del protocolo X10 el medio no debe poseer demasiado ruido ya que esto impide el correcto funcionamiento de los módulos. Antes de la instalación de un sistema X10, es recomendable comprobar la instalación eléctrica ya que este es el medio de transmisión. El protocolo requiere que la ausencia de contaminación en la red eléctrica que provoquen aparatos eléctricos conectados en la red eléctrica. Algunas fuentes de ruido eléctrico son fuentes conmutadas que contienen los televisores, computadoras, monitores, etc.

Dicho ruido provoca que los dispositivos no respondan a los comandos enviados es decir que el receptor puede interpretar los datos erróneamente actuando cuando no se ha enviado ninguna orden. Existen filtros para este propósito que reducen cualquier interferencia que sea distinta a la señal de 120KHz sus funciones principales son:

- Reducir el ruido producido por algunos electrodomésticos. Para evitar que afecten señales enviadas y recibidas.
- Bloquear señales X-10 provenientes desde el exterior del domicilio por ejemplo de un sistema X10 similar que tenga un vecino
- Bloquear señales X-10 para que no sean enviadas hacia el exterior del domicilio.
- Impide que posibles ruidos externos afecten a los dispositivos X10.

#### 3.9.1 Causas del ruido eléctrico

Las causas posibles de que exista ruido eléctrico son las siguientes: Contactos defectuosos, alumbrado mediante lámparas fluorescentes en forma general estas son conocidas como señales parasitas.

#### 3.9.2 Algunas de sus ventajas son las siguientes:

- ✓ Protección del hogar mediante los sistemas de alarma. Brinda confort dentro del hogar, todas las actividades de encendido de luces pueden ser automatizadas. Permite un ahorro de energía al controlar el tiempo de encendido de luces y de algunos electrodomésticos apagándolos cuando no son necesarios. .
- ✓ Cuando se invierte en estos productos hay que pensar en la vida útil de los equipos. Entre varios sistemas domóticos existentes, pero el sistema X10 es el que sigue vigente por más de 25 años.

### 3.10 Funcionamiento del protocolo X10

La transmisión de datos por la red eléctrica consiste en envío de señales en alta frecuencia es decir modulando los datos a 120 KHz tomando como referencia el cruce por cero de la red de C.A. Un uno binario se representa por la transmisión de pulsos a 120KHz durante un milisegundo inmediatamente luego del cruce por cero y un cero binario se representa por la ausencia de pulsos.

El retardo máximo entre el cruce por cero y el inicio de pulsos de 120KHz es de 50 $\mu$ s y la transmisión completa de datos X10 necesita de once ciclos de la red de C.A. En la figura 3.2 se muestra la forma de transmitir los datos y la relación de tiempos de la duración de los pulsos y los cruces por cero.

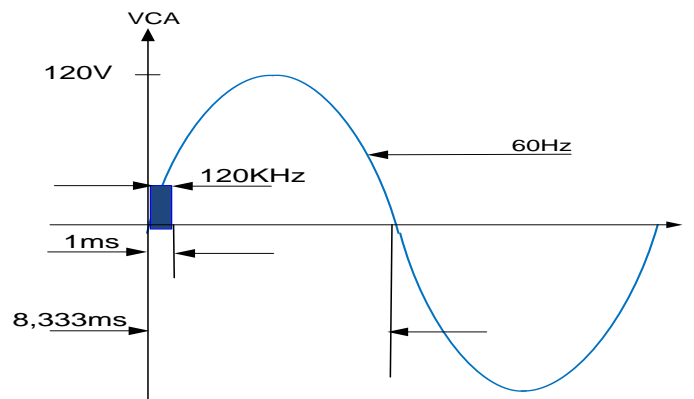


Figura 3.2. Relación de tiempos del pulso y el cruce por cero de la red de C.A.

#### 3.10.1 Trama X10

Cuando se transmite un bit en cada cruce por cero de la onda senoidal de 120V el envío de un uno lógico se considera como la presencia de pulsos a 120KHz y el cero lógico como la ausencia de pulsos. En donde este tipo de modulación se llama ASK<sup>34</sup> o modulación de amplitud, es decir que cada bit es modulado a la frecuencia de 120KHz para poder transmitirse por la red eléctrica, en el transcurso de esta sección se detalla el funcionamiento del protocolo X-10.

Todos los datos que se envían se dividen en tres partes cada una con su función específica. Los dos ciclos iniciales representan el código de inicio, cuatro ciclos representan el código de casa con letras A-P, cinco ciclos representan el código numérico con números 1-16 y para obtener un código de control se añade un bit adicional al código numérico para obtener un código de control con el que se pueden realizar algunas funciones como encender, apagar, aumento de

<sup>34</sup> ASK: Amplitude-shift keying

intensidad, etc.

Para que el protocolo se fiable todo el grupo que incluye el código de inicio, código de casa y el código numérico se transmite dos veces, con una separación entre cada bloque enviado de tres ciclos, excepto para funciones de regulación de iluminación el cual se transmite de forma continua por los menos dos veces. La velocidad de transmisión es de 60 bps, la cual está dada por la frecuencia de la red eléctrica de 60 Hz

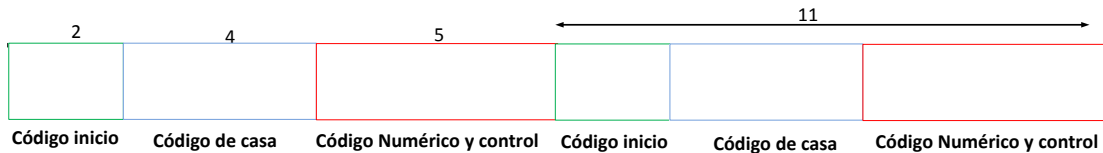


Figura 3.3 código X10

Los receptores para evitar ruido eléctrico luego del cruce por cero esperan un tiempo de 1ms dos veces por cada periodo de la onda senoidal, Figura 3.3, esto es 120 veces cada segundo, para una frecuencia de 60Hz.

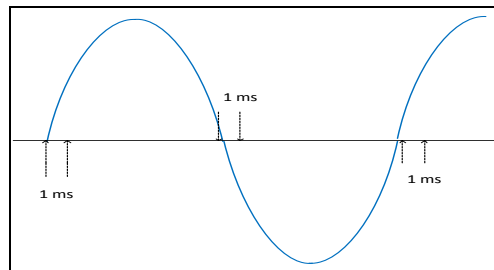


Figura 3.4 Espera de 1 ms en el receptor

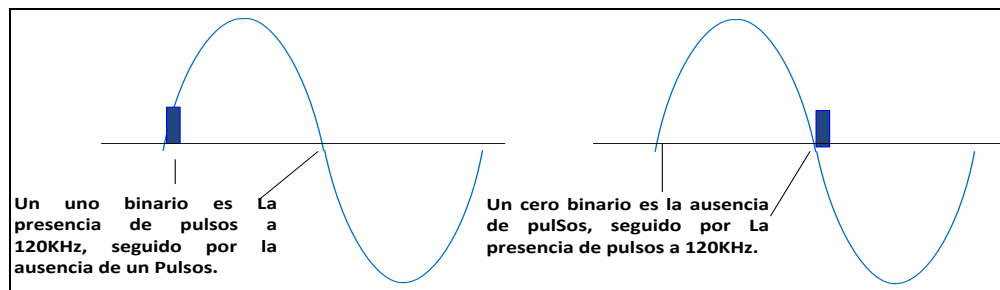


Figura 3.5. Representación de un bit en el protocolo X10<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Ref: [www.aquíhayapuntes.com](http://www.aquíhayapuntes.com)

Para el envío de cada grupo de datos se espera 6 cruces por cero (000000 en binario), y se procede a enviar el código de inicio (Start code), el cual es 1110 en binario.

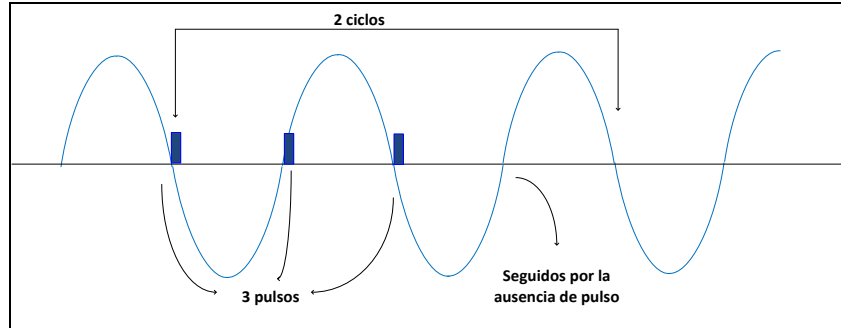


Figura 3.6. Código de inicio

Luego que el código de inicio se ha enviado, se envía los cuatro bits que son el código de casa. En la tabla 3.3 se presenta los códigos de casa empleados en el protocolo X10.

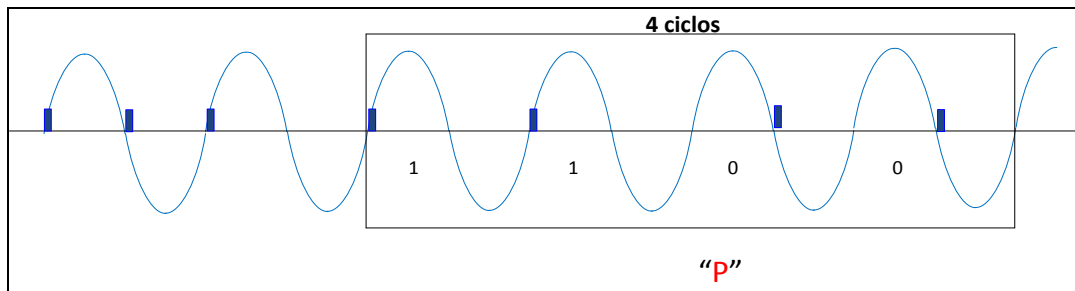


Figura 3.7 Código de casa

A =0110	E=0001	I=0111	M=0000
B=1110	F=1001	J=1111	N=1000
C=0010	G=0101	K=0011	O=0100
D=1010	H=1101	L=1011	P=1100

Tabla 3.3. Códigos de casa del protocolo X10.

A continuación se envía los siguientes 5 bits los cuales son el código numérico o designado también como código de comando Figura 3.7. El último bit permite

identificar entre un código de número o un código de comando. Cuando el último bit es un cero, significa que es un código de número y si es un uno, es un código de comando. En la Tabla 3.4 se presenta los diferentes códigos empleados en el protocolo X10.

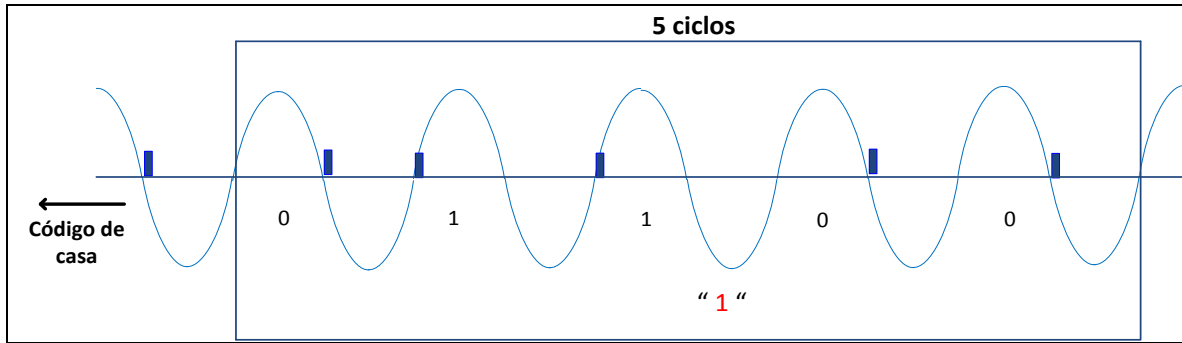


Figura 3.8. Código de número

1 =01100	5=00010	9=01110	13=00000
2=11100	6=10010	10=11110	14=10000
3=00100	7=01010	11=00110	15=01000
4=10100	8=11010	12=10110	16=11000

Tabla 3.4. Códigos numéricos del protocolo X10

Resumiendo en la figura 3.8 se presenta la cantidad de ciclos necesarios para la transmisión de los códigos mencionados.

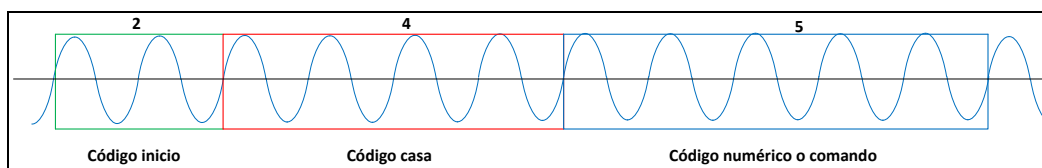


Figura 3.9 Cantidad de ciclos necesarios para el envío de códigos

Luego que el receptor ha reconocido su propia dirección, está listo para recibir el comando de función, entonces el transmisor nuevamente envía el código de inicio, luego envía el código de casa y finalmente envía el código de comando. El receptor reconoce el código numérico con el último bit con valor uno binario como un comando. Y todos los códigos de comando terminan en un uno binario.

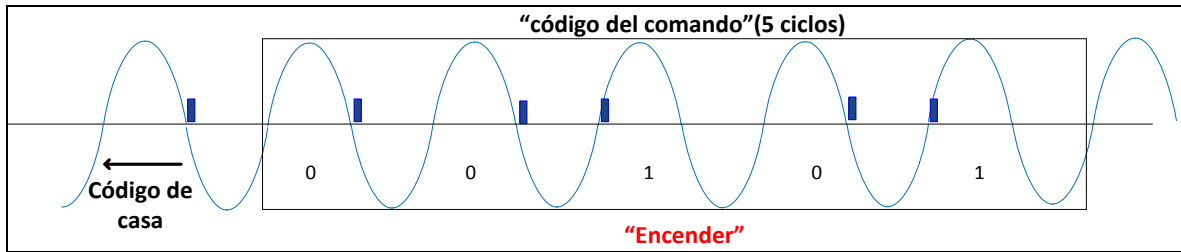


Figura 3.10 Código de comando

Encender = 00101	Encender Todas las luces = 00011
Apagar = 00111	Apagar todas las unidades= 00001
Aumentar intensidad = 01011	Atenuar intensidad= 01001

Tabla 3.5. Códigos de comandos para el protocolo X10

Para poder transmitir el código de comando después del código numérico se debe esperar 3 ciclos para poder enviar los códigos de comando.

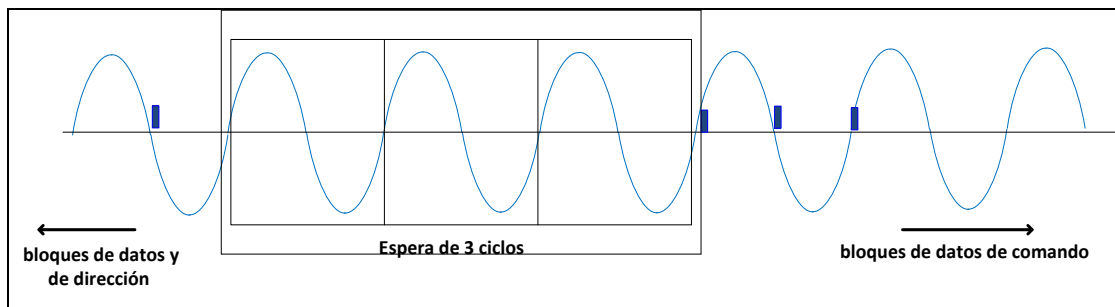


Figura 3.11 Ciclos de espera entre transmisores

En la Figura 3.11 se muestra los ciclos totales que necesita un transmisor para realizar una transmisión completa.



Figura 3.12 Transmisión completa de la trama X10



En funciones de regulación de intensidad de luz se transmite de forma continua por lo menos dos veces los códigos sin la separación de los 3 ciclos entre tramas.

### 3.11 Descripción del hardware para la implementación del sistema X10

Luego de la descripción de algunas tecnologías para uso domótico, la tecnología que se va a usar en este trabajo es el X10 por ser una tecnología que no requiere cableado eléctrico adicional.

Para efectuar la transmisión de los códigos X10 mediante el hardware realizado se considera que el mismo se puede dividir en cuatro bloques funcionales los cuales son<sup>36</sup>:

- Detector de cruce por cero
- Generador de señal de 120kHz
- Detector de señal de 120kHz
- Fuente de alimentación

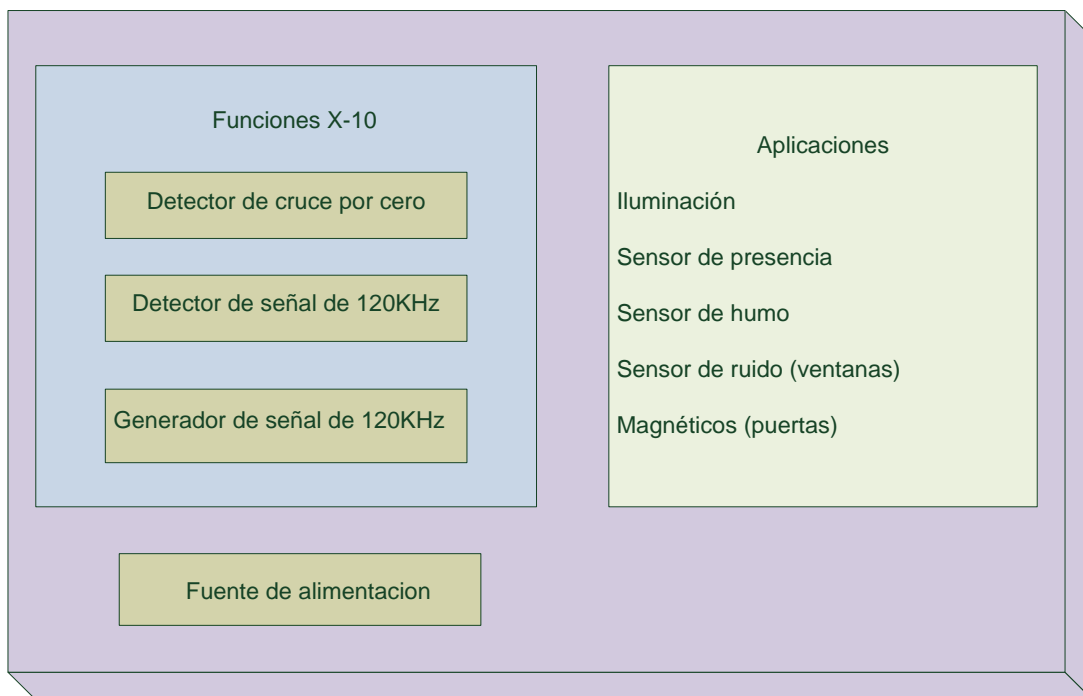


Figura 3.13. Diagrama de bloques para la aplicación

<sup>36</sup> Ref.: Burroughs, Jon. «Microchip Technology Inc.» *X-10 Home Automation Using the PIC16F877A*.

### 3.11.1 Detector de cruce por cero

La información que se requiere enviar debe ser sincronizada con los cruces por cero de la red eléctrica. Para realizar el detector se utiliza el pin de entrada RB0 detectando los cambios de nivel cuando el voltaje de C.A. está en su media onda positiva o en su media onda negativa la terminal RB0 del PIC detectara estos cambios de nivel.

Una instalación residencial tiene un voltaje nominal de 120V y su voltaje pico es de 169,7V.

Para evitar daños al PIC se requiere limitar la corriente de entrada en la terminal del PIC, esto se realiza colocando una resistencia en serie como se muestra en la figura 3.14.

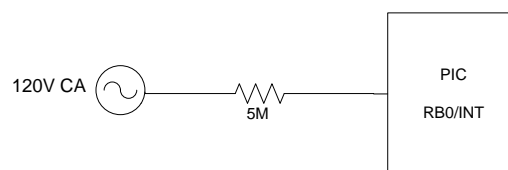


Figura 3.14. Detector de cruces por cero<sup>37</sup>

La corriente máxima admisible del PIC es de 500 uA, de acuerdo a esto se puede colocar un valor de resistencia y calcular el valor de corriente, de acuerdo a la siguiente fórmula<sup>38</sup>:

$$I_{\text{pico}} = \frac{169,7V}{5M\Omega} = 33,9 \mu A$$

Con el valor obtenido de la corriente de entrada se puede decir que el valor es aceptable.

<sup>37</sup> Ref.: Burroughs, Jon. «Microchip Technology Inc. » X-10 Home Automation Using the PIC16F877A.

<sup>38</sup> Ref.: Villafuerte, Santiago. «Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco.» Automatización de un hogar mediante tecnología X-10.



### 3.11.2 Detector de señal de 120kHz

En el momento que se envía un "uno" lógico en el cruce por cero de la red de CA, se envía la señal de 120kHz con una duración de 1ms, pero al momento de recibir la señal llega con una amplitud de 200 mili voltios en el punto más lejano que es aproximadamente de 35m en longitud de cableado eléctrico, pero esta señal se debe filtrar de la señal de 60Hz y luego amplificara para que el PIC pueda procesar la información.

#### Cálculos para la impedancia del capacitor

Para el cálculo de la impedancia del capacitor<sup>39</sup> de separa la señal de 60Hz de la 120KHz se usa la siguiente fórmula:

$$Z_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

Con un capacitor de  $0.1 \mu F$  el cual presenta una baja impedancia para la frecuencia de la señal de 120Khz pero una alta impedancia para la de 60Hz<sup>40</sup>.

Ahora se sustituye los valores de frecuencia en la formula y se obtiene los siguientes resultados.

$$f = 120Khz$$

$$Z_c = \frac{1}{2\pi * 120Khz * 0.1\mu F} = 13,26\Omega$$

$$f = 60Hz$$

<sup>39</sup> El voltaje que soporta un capacitor comercial debe ser superior al nivel de voltaje de la red eléctrica de 60Hz.

<sup>40</sup> Ref.: Villafuerte, Santiago. «Instituto Politecnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco.» Automatización de un hogar mediante tecnología X-10.



$$Z_c = \frac{1}{2\pi * 60Hz * 0,1\mu F} = 26,5K\Omega$$

De acuerdo a los valores de impedancia calculados para el filtro de acoplamiento/desacoplamiento de la figura 3.15 entonces la señal de 120kHz puede pasar ya que el valor de resistencia es bajo y la señal de 60Hz es atenuada debido a que la impedancia del filtro es mayor. Mediante este filtro capacitor resistencia es posible desaparecer por completo la señal de 60Hz para permitir el paso de la señal de 120KHz que tiene un voltaje mucho menor, aproximadamente 200mV.

### Cálculos para el filtro pasa altas

El filtro paso alto es una estructura de capacitor y resistencia en la cual se tiene en la figura 3.15.

Para un filtro pasa altas la frecuencia de corte a -3db<sup>41</sup> es  $f_{3db} = \frac{1}{(2*\pi*R*C)}$  para C=150pF y R= 33KΩ,  $f_{3db} = \frac{1}{(2*\pi*33K\Omega*150pF)} = 32KHz..$  Este valor asegura que la señal de 60 Hz será completamente atenuada, mientras que la señal de 120 KHz pasa a la etapa de amplificación usando una serie de inversores configurados como amplificadores de alta ganancia.

Si las condiciones del medio de transporte son las mejores es decir que no exista ruido en con la misma frecuencia, esta señal de 120KHz será amplificada y posteriormente pasara por un detector de envolvente formado por un diodo capacitor y resistor<sup>42</sup>. La salida del detector de envolvente es un pulso de 1ms de duración y es almacenado a través de un inversor y esta a su vez va hacia la entrada del Pin RB2 del PIC 16F876A.

Para llevar a cabo el trabajo de recuperación de datos se tiene el circuito para la recuperación de datos. Los componentes del circuito se pueden observar en la figura 3.24.

<sup>41</sup> Ref.: Burroughs, Jon. «Microchip Technology Inc. » X-10 Home Automation Using the PIC16F877A

<sup>42</sup> Ref.: Burroughs, Jon. «Microchip Technology Inc.» X-10 Home Automation Using the PIC16F877A

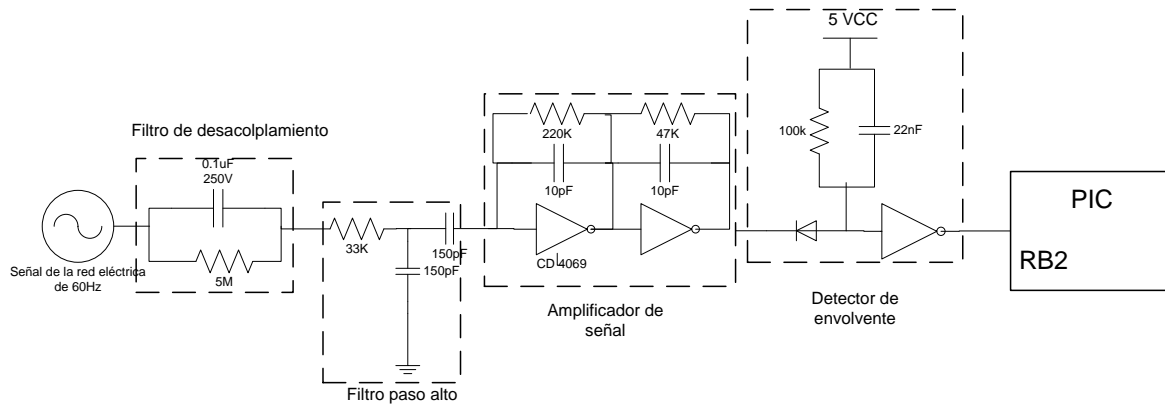


Figura 3.15. Detector de señal de 120Khz.

### 3.11.3 Amplificador de señal usando inversor CMOS

Para utilizar un inversor CMOS como amplificador<sup>43</sup> se tiene en cuenta es asegurar que la tensión DC en la entrada es la adecuada para polarizarlo en la zona de comportamiento lineal. Dado que el rango de tensiones es limitado es necesaria una realimentación para obtener una buena polarización DC.

En la figura 1 se tiene que la resistencia R1 fuerza que la tensión DC de entrada y la de salida del inversor sean iguales  $V_o=V_i$

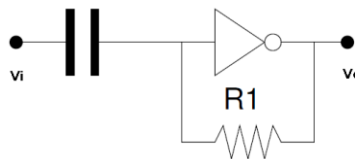


Figura 3.16. Circuito amplificador

La ganancia de un amplificador puede ser demasiado para la aplicación como se muestra en la figura 3.16, al observar se supone que la ganancia es infinita el inversor sería equivalente a un amplificador operacional de una única entrada. Figura 3.17.

<sup>43</sup> Inversores usados como amplificadores: <http://www.ele.uva.es/~jesus/inversores.pdf>

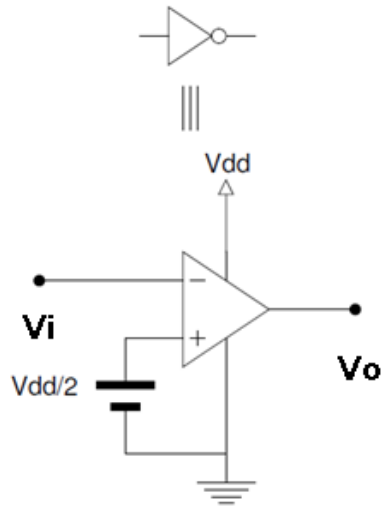


Figura 3.17. Circuito equivalente de un inversor

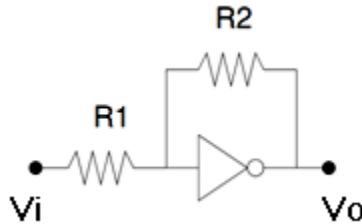


Figura 3.18. Circuito amplificador

La forma más fácil de crear un amplificador con una compuerta inversora es colocar una resistencia entre la entrada y la salida del inversor. De acuerdo a esto la ganancia del amplificador sería  $G = -R2/R1$ , adicionalmente para un mejor funcionamiento del circuito y para la aplicación del presente proyecto domótico al circuito se agrega un capacitor en paralelo con una resistencia en donde la carga del condensador se va eliminando poco a poco a través de R en paralelo.

El amplificador utilizado en esta aplicación es el mostrado en figura 3.19, este amplificador ha sido realizado con inversores el cual se considera como un amplificador operacional inversor.



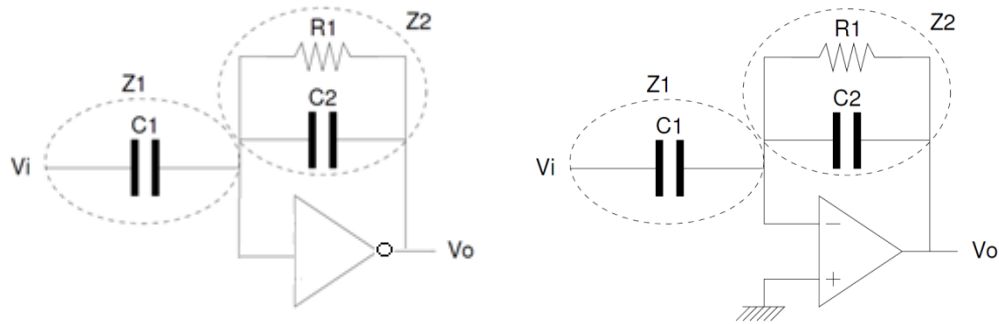


Figura 3.19. Circuito amplificador equivalente al amplificador con el 4069

Para obtener la función de transferencia del circuito se obtiene primero las impedancias del circuito:

$$Z1 = \frac{1}{C_1 s}$$

$$Z2 = \frac{R_1}{1 + R_1 C_2 s}$$

Entonces la función de transferencia del circuito es el siguiente:

$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-Z2}{Z1} = - \frac{\frac{R_1}{1 + R_1 C_2 s}}{\frac{1}{C_1 s}} = - \frac{C_1 R_1 s}{1 + R_1 C_2 s}$$

Al remplazar los valores de los elementos se obtiene la siguiente ecuación:

$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{3.3 * 10^{-5} s}{1 + 2.2 * 10^{-6} s}$$

Cuya grafica de la función de transferencia es la que se muestra en la figura 3.20 la cual ha sido realizada en matlab.

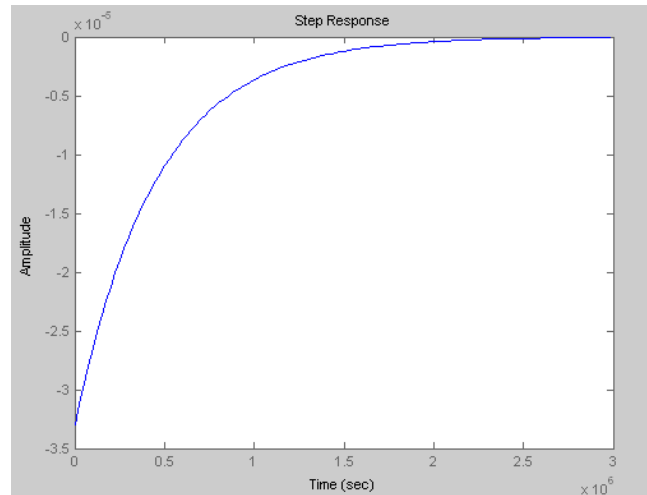


Figura 3.20. Función de transferencia

### 3.11.4 Cálculos para la generación de la señal de 120kHz con el modulo CCP1

Para la transmisión de datos sobre la red eléctrica es necesario generar una señal de alta frecuencia de 120kHz mediante software del PIC a través de la terminal RC2/CCP1 con el cual es posible habilitar y deshabilitar la generación de pulsos a 120KHz, usando uno de los módulos de captura-comparación del PIC.

El módulo CCP1 se configura como generador de PWM para producir una frecuencia de 120KHz con una duración de 1ms cada vez que se envíe un uno lógico, el periodo de trabajo debe ser al 50%, es decir, que la señal sea 50% estado alto y 50% estado bajo.

Para la generación de la frecuencia de 120KHz y el tiempo de trabajo se realiza el siguiente procedimiento.

$$f_{PWM} = 120 \text{ KHz}$$
$$T_{PWM} = \frac{1}{120 \text{ KHz}} = 8.333 \mu\text{s}$$

El periodo PWM es de 8.33 $\mu\text{s}$ , entonces el tiempo de trabajo debe durar el 50% de ese periodo es decir 4.166  $\mu\text{s}$ <sup>44</sup>, Esto se puede observar en la figura 3.21.

<sup>44</sup> Ref.: Villafuerte, Santiago. «Instituto Politecnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco.» Automatización de un hogar mediante tecnología X-10.

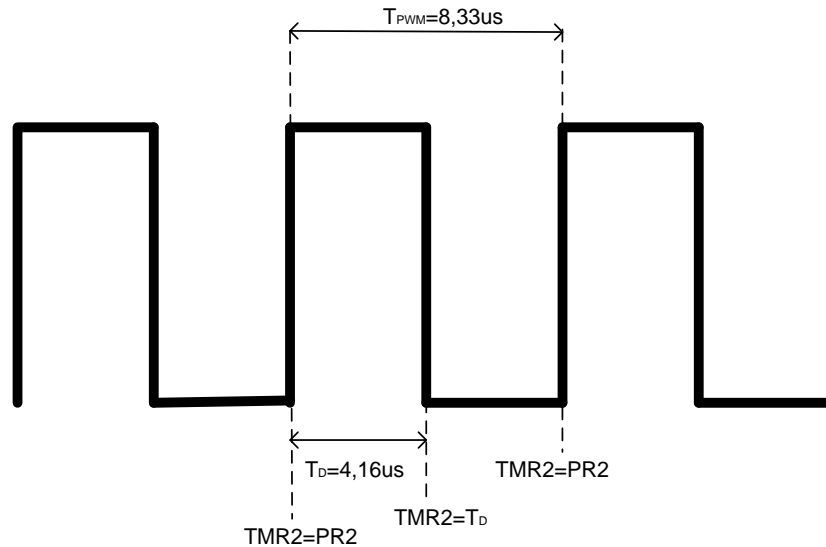


Figura 3.21. El período PWM

De acuerdo a la hoja de características del PIC el cálculo para el periodo PWM se especifica escribiendo en el registro PR2 y se lo hace con la siguiente fórmula:  $PWM_{period} = [(PR2) + 1] * 4 * T_{osc} * TMR2_{prescale\ value}$ <sup>45</sup>

Donde: PR2 es un registro de memoria del PIC

T<sub>osc</sub> es el periodo de oscilación del cristal

PRESCALER es un previsor de frecuencia del temporizador interno del PIC.

Cuando el TMR2 es igual a PR2, los siguientes tres eventos ocurren en el siguiente ciclo de incremento<sup>46</sup>.

- Se borra TMR2
- Se activa CCP1 (siempre y cuando el duty cycle no sea igual a 0%) El ciclo de duración PWM se carga desde CCPR1L en CCPR1H

Para calcular el ciclo de duración de PWM entonces al remplazar los valores se tiene:

$$T_{PWM} = 8,333\ us$$

<sup>45</sup> Referencia: *PIC16F87X Data Sheet, pag. 61*

<sup>46</sup> Referencia: *PIC16F87X Data Sheet, pag 61*



$$T_{osc} = \frac{1}{20 \text{ MHz}} = 0,05 \text{ us}$$

$$TMR2_{prescale \ value} = 1$$

Despejando

$$PR2 = \frac{T_{PWM}}{4 * T_{osc} * TMR2_{prescale \ value}} - 1 = \frac{8,333 \text{ us}}{4 * 0,05 \text{ us} * 1} - 1 = 40,6$$

De este resultado se toma el valor de PR2=41.

Para calcular el tiempo de trabajo se usa la siguiente formula las cuales son obtenidas de las hojas de características del PIC.

$$PWM_{duty \ cycle} = CCPR1L:CCP1CON < 5:4 > T_{osc} * TMR2_{prescaler}$$

$$PWM_{duty \ cycle} = 4.1665us$$

Este valor obtenido es el 50% del periodo PWM

Despejando  $CCPR1L:CCP1CON < 5:4 >$  se tiene el tiempo de duración del 50%

$$CCPR1L:CCP1CON < 5:4 > = \frac{PWM_{duty \ cycle}}{T_{osc} * TMR2_{prescaler}} = \frac{4,166 \text{ us}}{0,05 \text{ us} * 1} = 83,32$$

La salida de los 120 KHz en el pin RC2/CCP1 será habilitada cada vez que se transmite información en los cruces por cero y durara un milisegundo.

La salida del pin RC2/CCP1 se conectara un amplificador de pulsos, el cual está compuesto por dos transistores con una configuración llamada simetría complementaria, figura 3.22, el cual posteriormente acoplara estos pulsos a la red eléctrica.

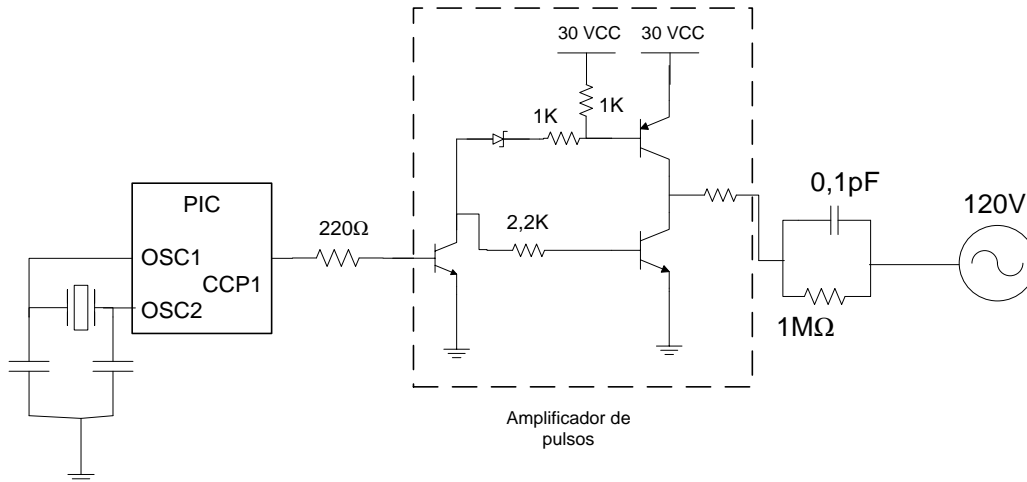


Figura 3.22. Generador de señal de 120Khz.

### 3.11.5 Modo de envío de datos

Los tres campos de información los cuales representan un ciclo y medio el código de inicio, cuatro ciclos representan el código de casa (letras A-O), cinco ciclos representan el código numérico (1-15).

El envío de los datos se lo hace una sola vez para encendido o apagado para este proyecto siguiendo una similitud al protocolo X10 descrito, entonces para encender una carga se envía una vez y para apagar se envía una segunda vez el mismo código y el estado de la carga cambiara siempre y cuando el código de casa y el código numérico sean coincidentes para cada módulo, ahora para la intensidad de iluminación se ha creado un tercer código y también sirve para encender varias cargas con el mismo modulo en la figura 3.23 se presenta el envío de datos para este caso.

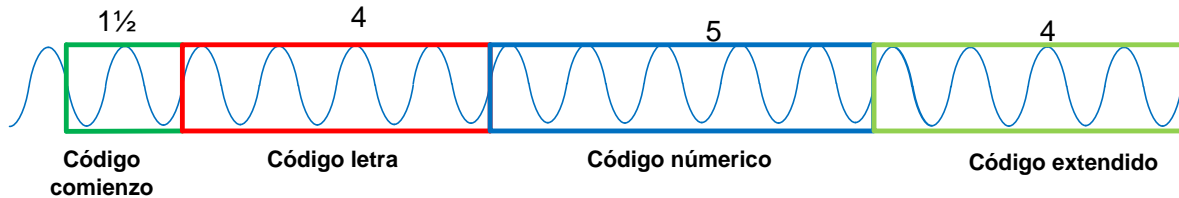


Figura 3.23. Campos para envío de datos

### 3.11.6 Forma del envío de los datos

Un bit es transmitido cuando existe un cruce por cero de la onda senoidal de 120V a 60Hz. El uno lógico se define como la presencia de pulsos a 120KHz e inmediatamente seguido por la ausencia de pulsos. Figura 24.

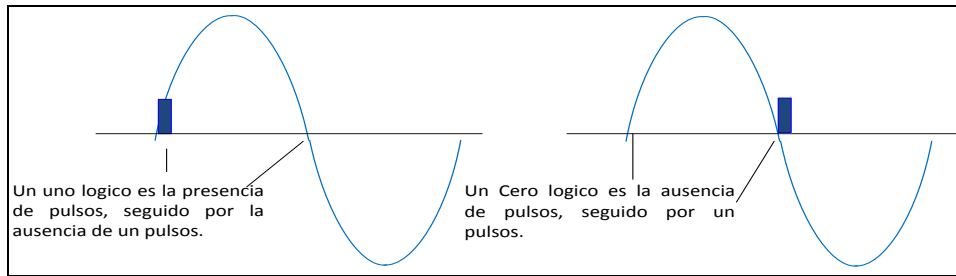


Figura 3.24. Representación para el envío de un bit

Primero se envía un código de inicio (Start code), el cual es 110 en binario, como se muestra en la Figura 3.25 con los códigos de casa empleados en la tabla 3.6.

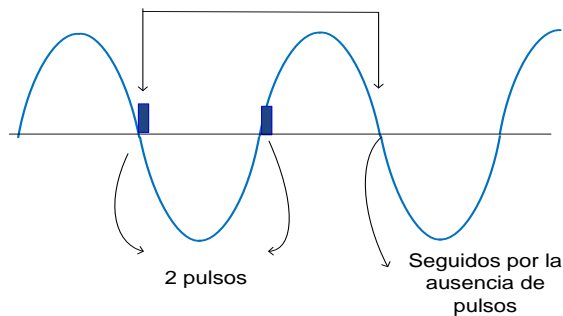


Figura 3.25. Código de inicio

Después que el código de inicio se ha transmitido, se envía el código de casa (4 bits).figura 3.26.

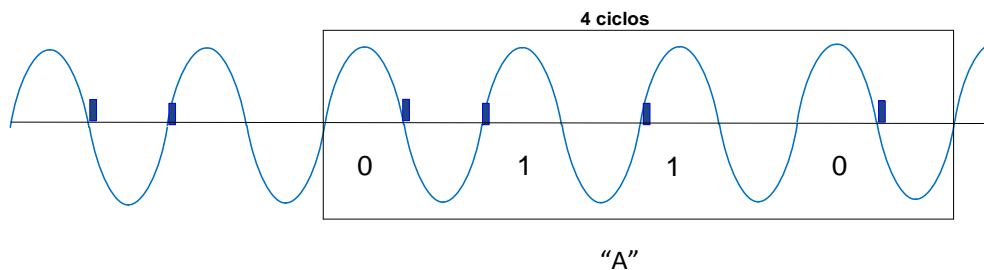


Figura 3.26. Código de casa



A =0110	E=0001	I=0111	M=0000
B=1110	F=1001	J=1111	N=1000
C=0010	G=0101	K=0011	O=0100
D=1010	H=1101	L=1011	P=1100

Tabla 3.6. Códigos de casa empleados en el proyecto

A continuación se envía la segunda mitad de la dirección del dispositivo, figura 3.27. En la tabla 3.7 se presenta los códigos numéricos empleados.

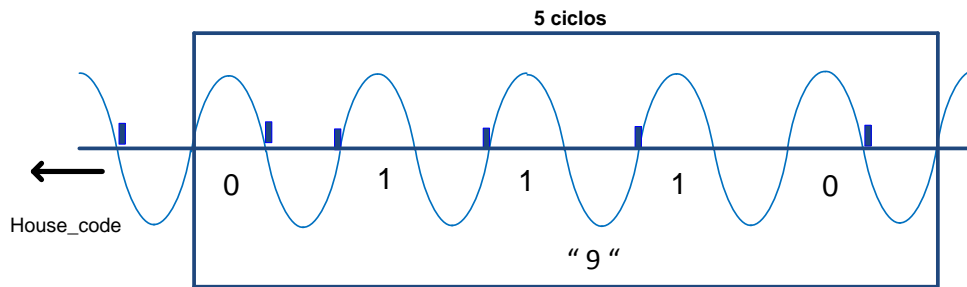


Figura 3.27 Código de numérico

1=01100	5=00010	9=01110	13=00000
2=11100	6=10010	10=11110	14=10000
3=00100	7=01010	11=00110	15=01000
4=10100	8=11010	12=10110	16=11000

Tabla 3.7. Códigos numéricos empleados en el proyecto

Para el envío del código extendido se lo puede hacer de la misma manera que se lo ha hecho para el envío del código de casa y el código numérico entonces para la regulación de la iluminación se enviara solamente cinco códigos lo que quiere decir que se tendrá 5 niveles de iluminación en la tabla 3,8 se presenta los códigos que se envía para el correspondiente funcionamiento.

1 =01100	Iluminación nula=0
----------	--------------------

2=11100	Iluminación intermedia
3=00100	
4=10100	
5=00010	
6=10010	Máxima iluminación=255
9=01110	Código para activar carga 1
10=11110	Código para activar carga 2

Tabla 3.8. Códigos extendidos empleados

### 3.11.7 Modo de recepción de datos

Para la recepción se configura al receptor con el número de bits que se envía en este caso serán 14 bits, para cuando el contador de bits ha llegado a ser igual al número de bits se procede a comparar los datos. Estos datos recibirán todos los módulos existentes, pero solo llegará a actuar el que tenga la dirección de módulo correcta.

El primer bit del código de inicio sirve para avisar al microcontrolador la existencia de datos nuevos, cuando esto ocurre se comienza a hacer la lectura de los bits que ingresen y se los guarda en un vector para posteriormente hacer las comparaciones de del código de casa, el código numérico y el código extendido.

Luego de haber comparado los datos se procede a activar o desactivar la carga que esté conectado al módulo.

### 3.11.8 Módulo de recepción

En la figura 3.28 se presenta el esquema del módulo receptor que puede activar una carga a la vez. Existe un LED indicador cuando se está recibiendo información se encenderá momentáneamente y si los datos recibidos son los correctos encenderá o apagará la carga conectada, mediante un triac el encenderá o apagará una carga conectada al módulo x-10.

Este módulo se puede usar en cualquier aplicación ya que a su salida se puede conectar cualquier carga resistiva o cualquier dispositivo el cual su funcionamiento normal sea encendido o apagado.

Para diferenciar entre diferentes módulos existentes se ha colocado los dip switch de 8 contactos en donde se ha dividido en 4 contactos para usarlos como código de casa (house\_code) y los 4 restantes como código numérico (key\_code),



entonces dependiendo de qué modulo se desea activar se seleccionara la posición de los dip switch para así evitar que otros módulos se enciendan sin haber sido seleccionados.

### **3.11.9 Modulo de transmisión y recepción con interface con una PC**

En la figura 3.29 se presenta el esquema del módulo transmisor y receptor de la misma manera descrita en la sección anterior con el mismo modo de transmisión half-duplex la diferencia es que ahora los comandos son enviados y recibidos con la ayuda de una PC.

Para el envío de comandos se lo hace desde una PC el método que se usara es mediante comunicación RS 232 en la cual se envía los códigos correspondientes, para encender cada módulo, de igual manera si se requiere informar de eventos los módulos de sensores responderán con comandos que informe acerca de su estado dependiendo si existe algo que se requiera informar desde el modulo.

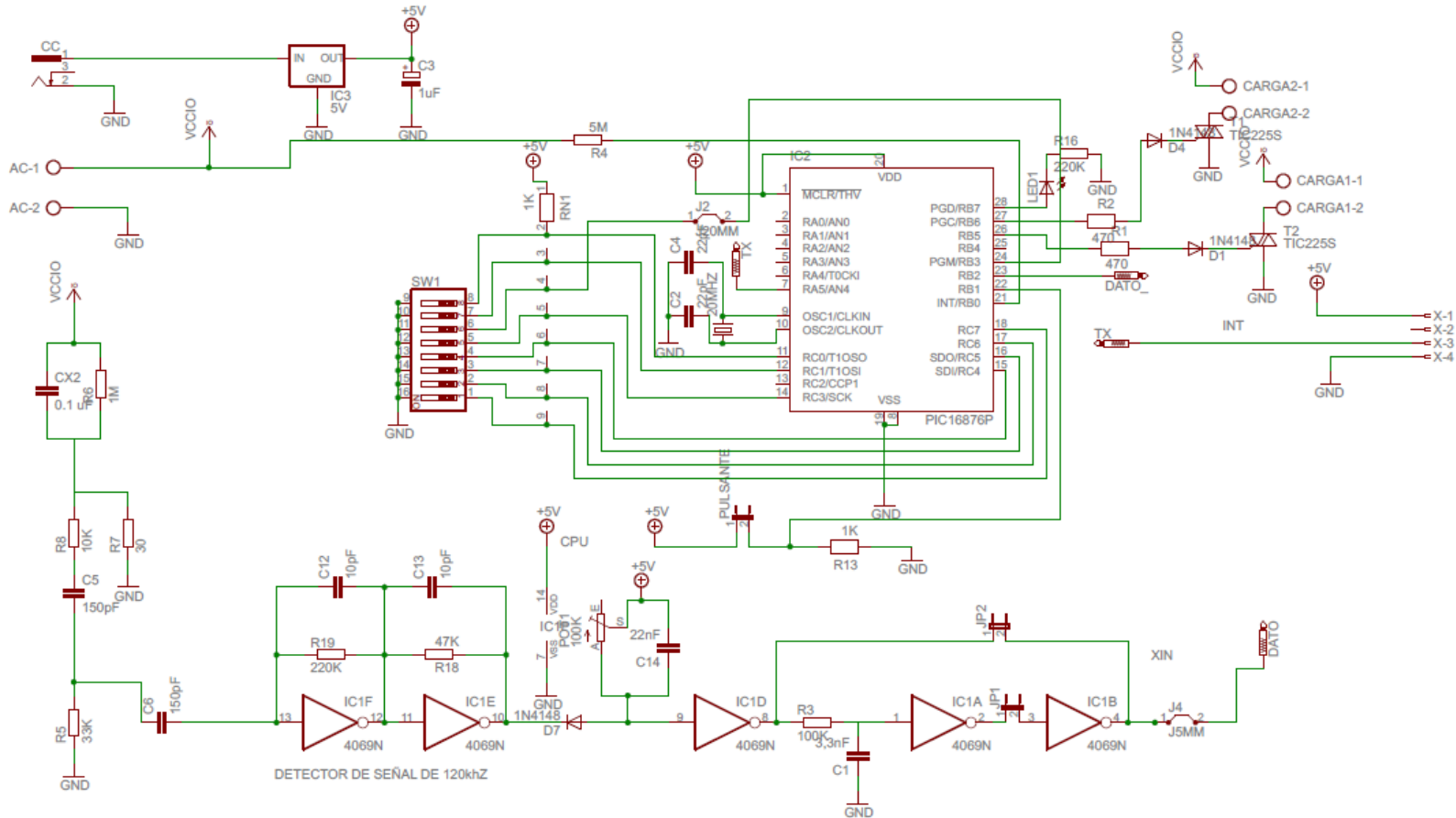


Figura 3.28. Diagrama completo el modulo receptor

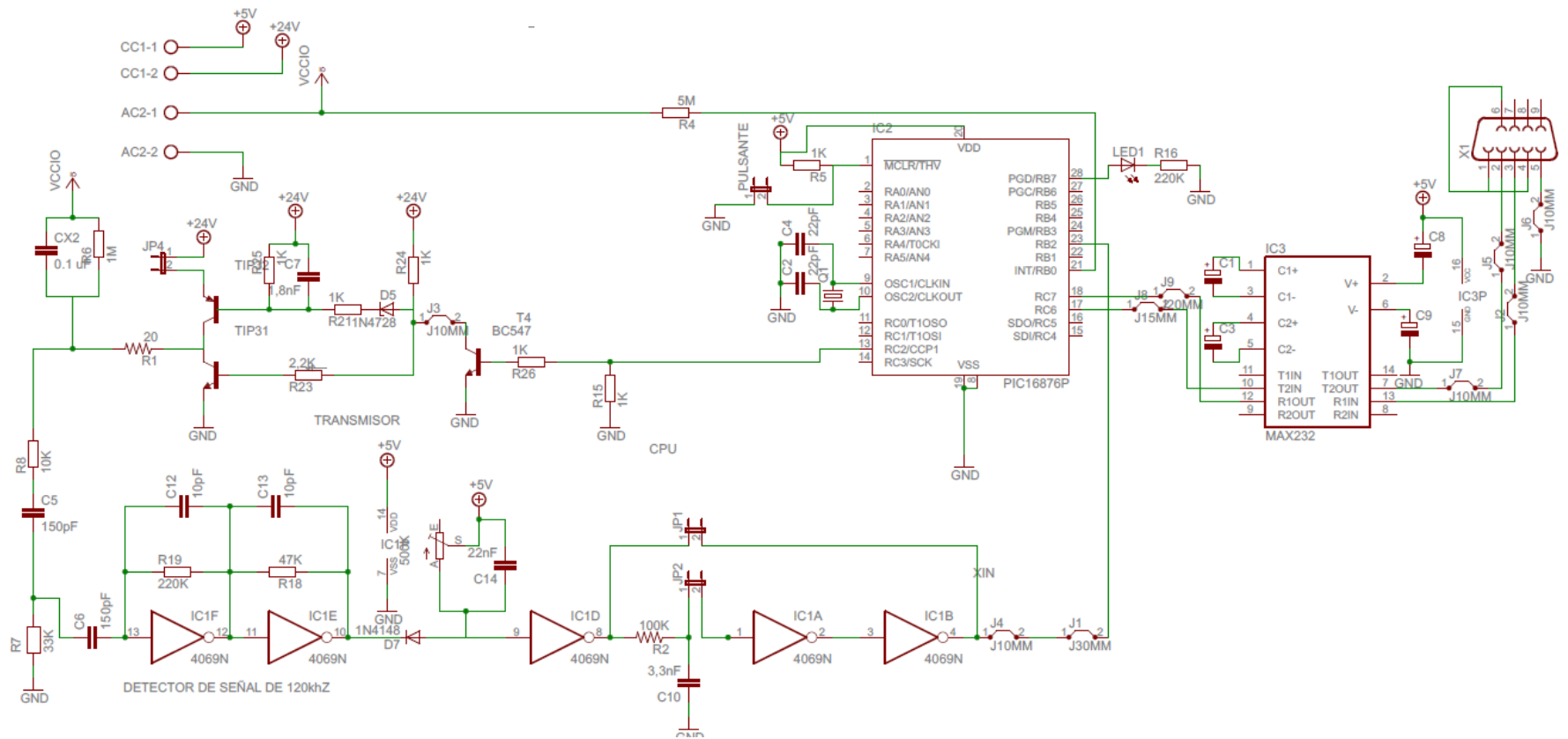


Figura 3.29. Diagrama completo para el modulo transmisor y receptor con comunicación RS 232

## CAPITULO 4

### Comunicaciones a nivel de manzana, sistema de radio frecuencia

#### 4.1 Introducción

La demanda de sistemas inalámbricos para el control de dispositivos ha hecho que cada vez se haga nuevas innovaciones en este campo, tal como lo es en sistemas de telecontrol, telemetría, software de aplicación, sensores y actuadores que permitan hacer un control a distancia de varios dispositivos, que para este caso es dar señales de alarma en forma de mensajes hacia los demás dispositivos transceptores cercanos, de esta manera se puede alertar a otros usuarios, en el transcurso de este capítulo se detallara el funcionamiento de este modulo.

#### 4.2 Módulos transceptores TRW-2.4G

Estos módulos operan en la banda de 2.4GHz, tienen la capacidad de direccionamiento y la selección del canal para la comunicación, además cuenta con sus pines de acceso para su configuración. El transceptor tiene una antena integrada, un amplificador de potencia, un cristal y un modulador. Los pines de acceso para su configuración son tres y a través de estos pines se pueden enviar y recibir información. En la figura 4.1 se muestra la disposición de cada uno de los pines del modulo.

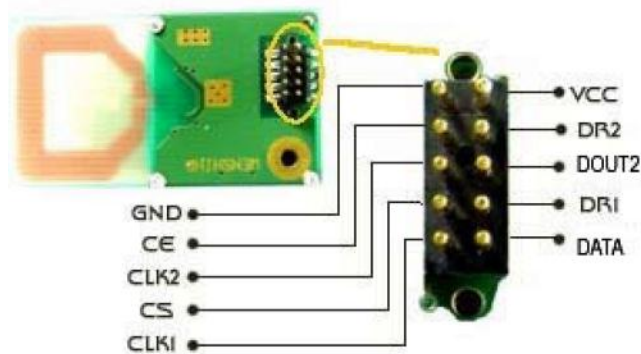


Figura 4.1. Asignación de pines

Los módulos poseen una potencia de salida de 0dBm (1mW), lo que permite un alcance menor que una red Wi-Fi, funciona a 3,3V y tienen un consumo de bastante reducido. La interfaz con el modulo es digital y su forma de trabajo es “entra bit-sale bit”, estos módulos pueden trabajar con el modo denominado



ShockBurst, que es algo así como guarda el dato y envía lo que permite utilizar microprocesadores sin UART o con relojes de baja frecuencia y poca precisión, siendo la comunicación a baja velocidad sin mantener el canal ocupado.

#### 4.2.1 Forma de transmisión y recepción.

El microprocesador y el modulo se comunican mediante cinco pines los cuales son: CLK, DR1, CS, CE y DATA. La comunicación se logra al ritmo que en el microprocesador marca la señal CLK. Cuando se señala el fin de un paquete el modulo procede a transmitir a una velocidad de 250 Kbps o 1 Mbps, estos valores dependen de la configuración del modulo.

El modulo que recibe datos, procede a informar al microprocesador mediante el pin DR1, entonces el micro procede a leer los datos a su ritmo ya que el paquete de datos fue recibido en el modulo, pero lo más importante es que se ha comprobado la integridad de los datos mediante un CRC<sup>47</sup>.

Las señales restantes son para informar al modulo que se lo está accediendo para configurarlo (CS) y para enviar o recibir datos (CE). Los datos viajan por el pin DATA.

Una importante característica es que el modulo tiene la posibilidad de envío de datos por dos canales simultáneamente teniendo la otra interface separada con los pines (DR2, CLK2, DOUT2).

Al alimentar al modulo se debe ingresar su configuración, Entre los datos de configuración se encuentra la dirección del modulo, el canal del canal de operación dentro de la banda, longitud de los mensajes y el modo de trabajo ya que es half-dúplex porque la transmisión y recepción de datos viajan por el mismo canal en la tabla 4.1 se presentan algunas de las características del modulo.

Característica	Valor
Frecuencia	2,4-2,527 Ghz
Velocidad de transmisión	1 Mbps
Potencia de transmisión	0 dbm (1mW)
CRC	16 bits

<sup>47</sup> CRC: Comprobación de redundancia cíclica





Tabla 4.1. Configuración del TRW 2.4G

Antes de enviar el mensaje el microprocesador comunica al modulo la dirección del modulo de destino como parte del mensaje en los primeros cinco bytes y luego agrega el CRC al final del mensaje

Cuando el modulo de destino ya conoce la longitud del mensaje puede validar el CRC y comunica al micro la presencia de un mensaje cuando el CRC el valido. Luego se elimina la dirección y el CRC para obtener solamente el mensaje.

#### 4.2.2 Modos de trabajo del transceptor:

**4.2.2.1 ShockBurst:** este es un modo que utiliza el TRW-2.4G utilizando un memoria FIFO para los datos, cuenta con un reloj de baja velocidad para la comunicación con el microcontrolador, esta información almacenada es luego transmitida por el modulo a alta velocidad.

Una vez que el modulo transceptor recibe todo el paquete de datos que va a enviar, calcula el CRC, y envía todo el paquete por radio frecuencia a la velocidad con la que se ha configurado el transceptor, la transmisión de datos a alta velocidad reduce el riesgo de colisiones en el aire con lo que se permite una reducción de potencia pues la información es enviada en intervalos cortos de tiempo.

4.2.2.2 Modo directo del TRF-2,4G En el modo directo el modulo TRF-2,4G trabaja como un dispositivo **RF** tradicional.

#### 4.3 Descripción general del chip nRF 2401 de Nordic semiconductor

El chip NRF2401A es un transceptor que trabaja en la banda de frecuencia reservada para uso no comercial ISM<sup>48</sup> de 2,4 Ghz.

El transeiver está compuesto de una antena integrada, un amplificador de potencia, un oscilador de cristal y un modulador. La potencia de salida y los canales de frecuencia son programables mediante un a interface de 3 hilos. . Una referencia rápida de las características generales del transeiver se muestran la tabla 2 y en la tabla 3 la función de cada uno de los pines.

<sup>48</sup>ISM: Industrial Scientific and Medical

Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje mínimo de alimentación	1,9	V
Potencia máxima de salida	0	dBm
Tasa de datos máxima	1000	Kbps
Suministro de corriente @ 0dBm potencia de salida		
Suministro de corriente en modo de recepción	18	mA
Rango de temperatura	-40 hasta +85	°C
Sensibilidad	-93	dBm
Suministro de corriente en modo de bajo consumo	900	mA

Tabla 4.2. Características generales del transeiver.

### Diagrama de bloques

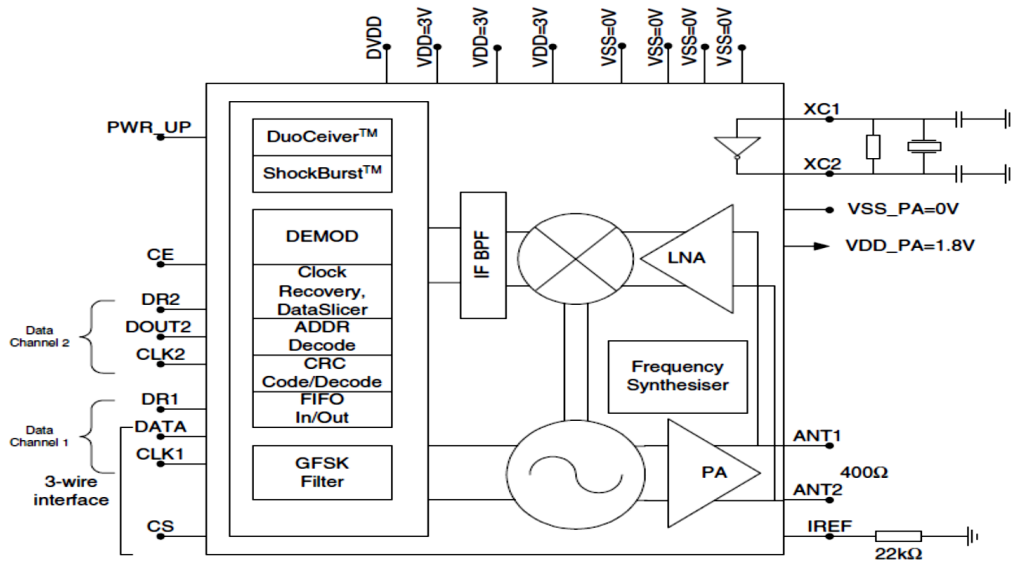


Figura 4.2. nRF2401 con componentes externos<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Tomado de la hoja de características del chip nRF2401



### Función de los pines

PIN	NAME	Pin Function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	DR2	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 2 (ShockBurst™ only)
3	CLK2	Digital I/O	Clock Output/Input for RX Data Channel 2
4	DOUT2 RX	Digital Output	Data Channel 2
5	CS	Digital Input	Chip Select Activates Configuration Mode
6	DR1	Digital Output	Rx Data Ready Activates Configuration Mode
7	CLK1	Digital I/O	Clock Input (TX) & Output/Input (RX) for Data Channel 1 3-wire interface
8	DATA RX	Digital I/O	Data Channel 1/TX Data Input/ 3-wire interface
9	DVDD	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
10	VSS	Power	Ground (0V)
11	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
12	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
13	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.8V) to Power Amplifier
14	ANT1	RF	Antenna interface 1
15	ANT2	RF	Antenna interface 2
16	VSS_PA)	Power	Ground (0V
17	VDD)	Power	Power Supply (+3V DC
18	VSS	Power	Ground (0V)
19	IREF	Analog Input	Reference current
20	VSS	Power	Ground (0V)
21	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
22	VSS	Power	Ground (0V)
23	PWR_UP	Digital Input	Power Up
24	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)

Tabla 4.3. nRF2401A función de los pines

### 4.3.1 Asignación de pines

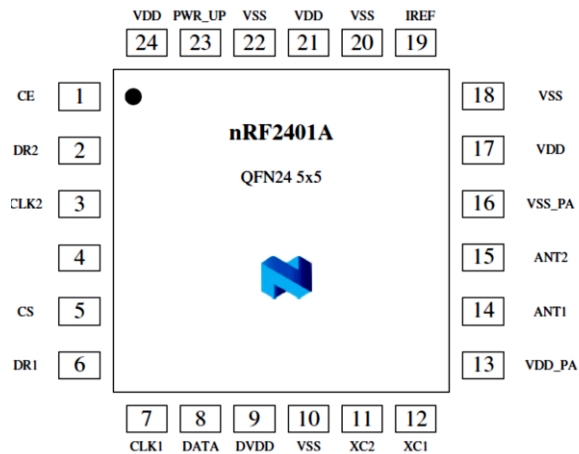


Figura 4.3. nRF2401A asignación de pines para empaquetados QFN24 5x5.

### 4.3.2 Transmisión ShockBurst

**Principio ShockBurst.** Cuando el TRW- 2,4G es configurado con el modo ShockBurst, la operación TX o RX es realizada de la siguiente manera (10 kbps únicamente para el ejemplo).

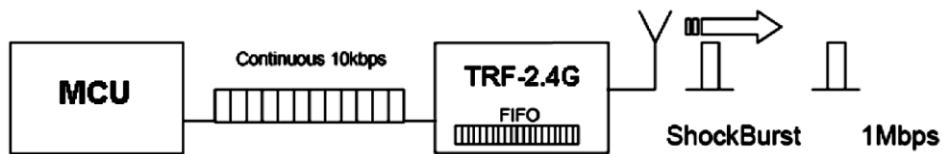


Figura 4.4. Sincronizando datos con el MCU y enviando mediante ShockBurst.

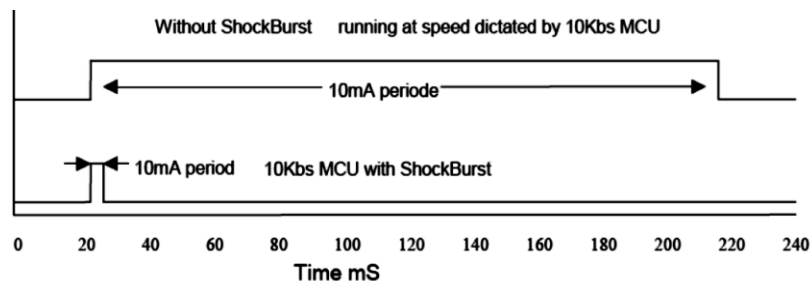


Figura 4.5. Consumo de corriente con ShockBurst y sin ShockBurst.

### Pines de interface con el MCU: CE, CLK1, DATA



1. Cuando el MCU tiene datos para enviar, pone CE en alto esto activa el modulo TRW-24G.
2. La dirección del receptor (dirección RX) y la carga útil de datos es marcada por el reloj en el TRW-24G el protocolo de aplicación o el MCU establece la velocidades del reloj <1Mbps.
3. El MCU coloca CE en bajo, esto activa una transmisión ShockBurst del TRW-24G.
4. TRF-2,4G ShockBurst:
  - La interfaz RF esta activa
  - El paquete es completado (agregado el preámbulo, CRC calculado)
  - Los datos son transmitidos a una alta velocidad (250Kbps o 1Mbps configurado por el usuario).
  - TRF-2.4G regresa al modo de espera (stand by) cuando termina la transmisión de datos.

En la figura 4.6 se presenta el diagrama de flujo de funcionamiento de la transmisión ShockBurst.

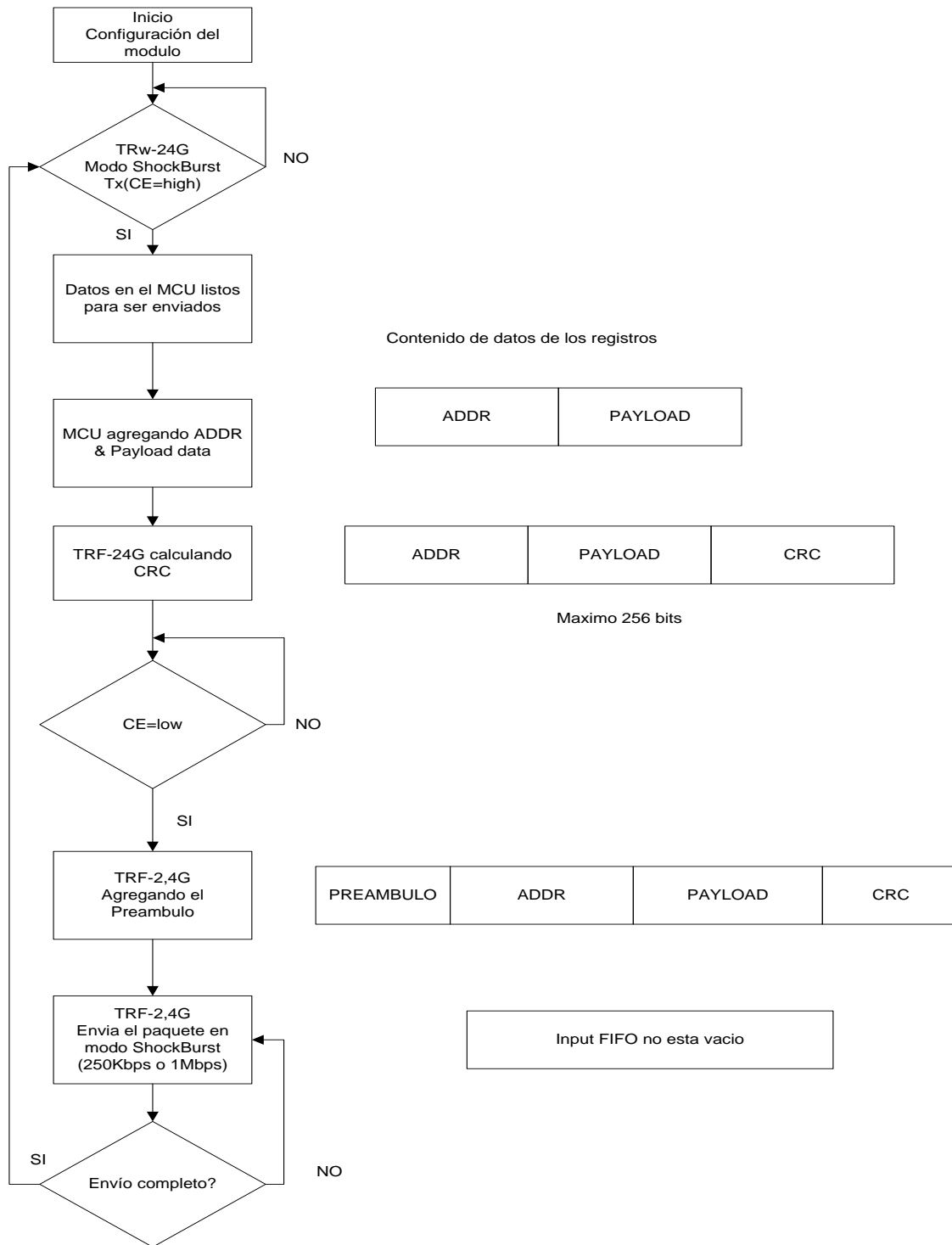


Figura 4.6. Diagrama de flujo de la transmisión ShockBurst del TRF-2.4G



### 4.3.3 Recepción ShockBurst

Pines de interface con el MCU: CE, DR1, CLK1 y DATA (un canal de recepción RX)

1. Dirección correcta y tamaño de la carga útil de los paquetes de RF que llegan se establecen cuando TRW-2,4G es configurado en SockBurst RX.
2. Para activar RX, se pone CE en alto.
3. Después de 200 us, TRW-2,4G está monitoreando el medio para comunicaciones entrantes.
4. Cuando un paquete valido ha sido recibido (dirección y CRC correctos), TRW-2,4G remueve el preámbulo, la dirección y los bits CRC.
5. El TRW-2,4G entonces lo notifica al MCU mediante el pin DR1 en puesto en alto.
6. El MCU puede colocar el CE en bajo para deshabilitar la interfaz RF (modo de bajo consumo de corriente).
7. El MCU marca el reloj solo en los datos de carga útil a una velocidad adecuada
8. Cuando toda la carga útil es obtenido TRW-2,4G pone DR1 en bajo, y está listo para nuevos paquetes de datos que llegan si CE es mantenido en alto durante la descarga de datos, si el CE estaba puesto en bajo, una nueva de secuencia puede comenzar, ver figura 4.6 a continuación.

En la figura 6.7 se presenta el diagrama de flujo de la recepción ShockBurst del TRW-2.4G.



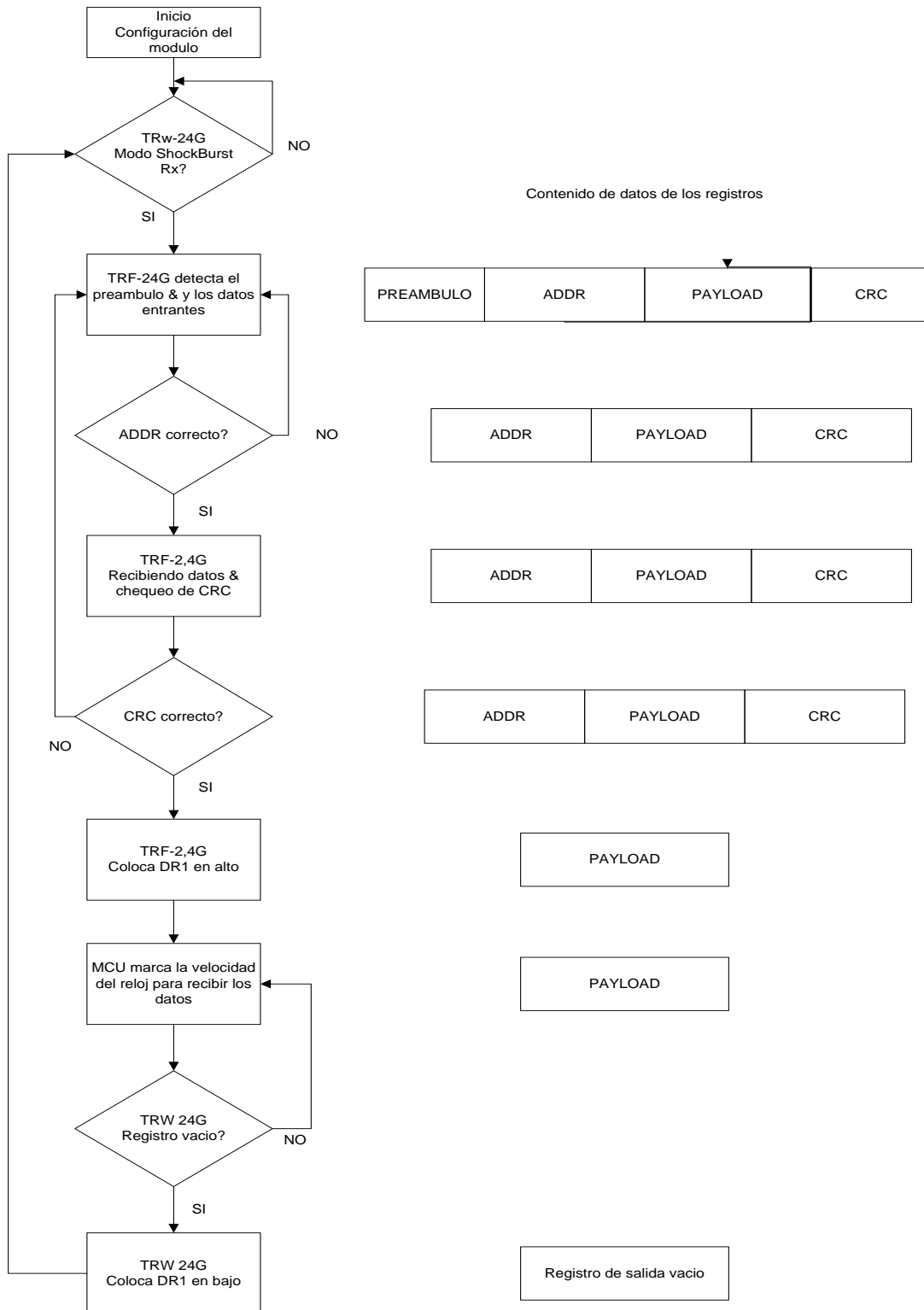


Figure 4.7. Diagrama de flujo de la recepción ShockBurst del TRF-2.4G.



**4.3.4 Transmisión Modo directo** En el modo directo el modulo TRF-2,4G trabaja como un dispositivo **RF** tradicional. Los datos deben estar 1Mbps, o 250Kbps para una tasa de datos baja, para que el receptor detecte las señales.

#### **Pines de interface del MCU: CE, DATA**

1. Cuando el MCU tiene datos para enviar, se coloca CE en alto.
2. El modulo TRW-2,4G es inmediatamente activada, y después de 200 ms de tiempo de establecimiento, los datos modulan la portadora directamente.
3. Todas las partes del protocolo de RF por lo tanto, deberán ser implementadas en el firmware del microcontrolador. (preámbulo, dirección y CRC).

#### **4.3.5 Recepción en modo directo:**

#### **Pines de interface del MCU: CE, CLK1 y DATA**

1. Una vez que el TRW-2,4G es configurado y activado (con CE en alto) en modo directo de RX, el pin DATA comenzara oscilar debido al ruido presente en el aire, debido a que posiblemente sean datos que estén arribando.
2. CLK1 también comenzará a oscilar, cuando el TRW-2.4G esté tratando de engancharse al flujo de datos entrantes.
3. Una vez que llega un preámbulo valido, CLK1 y DATA se enganchara a la señal entrante y el paquete de RF aparecerá en el pin de DATOS con la misma velocidad que se transmite.
4. Para habilitar el demodulador para regenerar el reloj, el preámbulo debe ser 8 bits, comenzado con bajo si el primer bit de dato el bajo.
5. En este modo no hay señales de datos listos (DR) disponibles. La dirección y la suma de verificación de datos también se debe hacer en el microcontrolador MCU receptor.

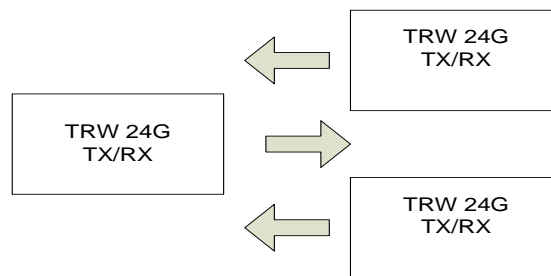
#### **4.3.6 DuoCeiver dos canales simultáneos modo receptor**

En ambos modos ShockBurst & Direct el TRW-2,4G pueden facilitar recepción simultanea de dos canales paralelos independientes de la frecuencia a velocidad de datos máxima.

Esto significa:

- TRF-2,4G puede recibir datos de dos transmisores de 1 Mbps a través de la interfaz de una antena.
- La salida de los dos canales de datos es suministrado por una interfaz de dos MCU separados.
  - Canal de datos 1: CLK1, DATA y DR1
  - Canal de datos 2: CLK2, DOUT2 y DR2
  - DR1 y DR2 están disponibles solo en ShockBurst

La tecnología DuoCeiver provee 2 canales dedicados de datos para RX y reemplaza la necesidad de dos de dos sistemas de recepción por separado en las figuras 4.8, 4.9 y 4.10 se muestra los diagrama de bloques para un modulo con dos canales de recepción.



*Figura 4.8. Dos canales de recepción simultánea en el TRF-2.4G.*

No es requisito indispensable para uso el segundo canal de datos para el TRF-2,4G para hacer posible la recepción en el segundo canal, la frecuencia del canal debe ser de 8Mhz superior que la frecuencia del canal de datos 1. El TRW-2,4G debe ser programado para recibir a la frecuencia de datos del canal 1. En ningún momento se utiliza multiplexación para cumplir esta función. En modo directo el MCU es capaz de manejar dos paquetes de datos entrantes simultáneos si estos no están multiplexados entre los dos canales de datos. En modo ShockBurst esto es posible para el MCU marcar la señal de reloj en uno de los canales de datos en un momento mientras los datos en el otro canal de datos esperan que el MCU esté disponible. Sin ninguna pérdida de paquetes de datos, y de esta manera reducir la necesidad de mayor rendimiento del MCU.

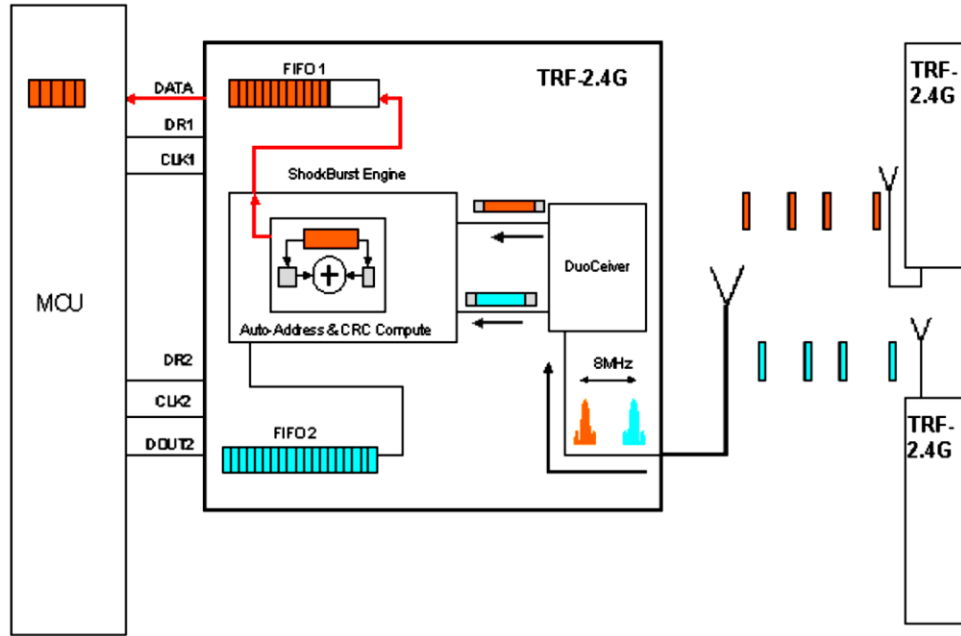


Figura 4.9. Canales de recepción simultánea en el TRF-2.4G.

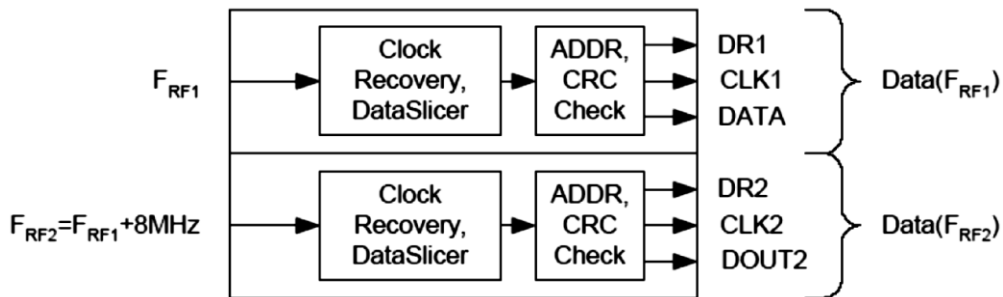


Figura 4.10. DuoCeiver con dos canales simultáneos de recepción independientes.

#### 4.4 Configuración del dispositivo y modos de operación

El modulo transceptor tiene tres modos de operación: activo, configuración y espera; los cuales dependen de la configuración de las señales CE y CS. En la tabla 4.4 se presenta los diferentes estados de las señales para configuración.

Modo	CE	CS
Activo (RX/TX)	1	0
Configuración	0	1
Modo de espera	0	0

Tabla 4.4. Configuración y modos de operación



#### 4.4.1 Modos de configuración

En este modo la configuración es de hasta 15 bytes que son descargados al TRW-2,4G esto se hace a través de solo 3 cables de interface (CS, CLK y DATA).

#### 4.4.2 Modo de espera

Es usado para minimizar el consumo promedio de corriente mientras se mantiene con cortos tiempos operación. El consumo de corriente depende de la frecuencia del cristal (ej. 12uA @4Mhz, 32uA @16Mhz). El contenido de los bits de configuración es mantenida durante el modo de espera.

#### 4.4.3 Modo apagado

En el modo apagado el TRW-2,4G esta deshabilitado con un mínimo de consumo de corriente típicamente menor a 1 uA. Ingresando este modo cuando el dispositivo no está activo minimiza el consumo de corriente promedio.

#### 4.4.4 Bits de configuración del dispositivo

Toda la configuración del TRW-2.4G está hecha con una interfaz de 3 hilos a un registro de configuración.

#### 4.4.5 Configuración para operación ShockBurst

Los bits de configuración en el ShockBurst habilitan al TRW-2,4G para manejar el protocolo de RF. Una vez que el protocolo es completado y cargado en un solo byte del TRW-2,4G, bit [7:0].

Los bloques de configuración dedicada al ShockBurst es el siguiente:

**Longitud de la sección carga útil:** especifica el número de bits de la carga útil en el paquete de RF. Esto habilita el TRF-24G para distinguir entre la carga útil de datos y los bytes de CRC en el paquete recibido.

**Longitud de dirección:** Coloca el número de bits usados para la dirección en el paquete de RF. Esto habilita el TRF-24G para distinguir entre datos de dirección y carga útil.

**Dirección (canal RX 1 y 2):** Dirección de destino para datos recibidos.

**CRC:** habilita la generación y la decodificación de CRC en el chip TRW-24G.

Todos estos bloques de configuración a excepción de CRC son usados para configuración del TRW-24G

En el modo TX, el MCU debe generar una dirección y una sección de carga útil que se ajusta a la configuración del TRW-24G que va a recibir los datos.



Cuando se utiliza el TRW-2,4G la característica de CRC en el chip asegura que el CRC está habilitado y usa la misma longitud de datos para ambos dispositivos el TX y RX.

PRE-AMBLE	ADDRES	PAYLOAD	CRC
-----------	--------	---------	-----

Figura 4.11. Configuración de los paquetes de datos

#### 4.4.6 Configuración para operación en modo directo

Para operación en modo directo solo los dos primeros bytes (bits [0-15]) de la configuración son relevantes.

#### Descripción general de configuración

	Bit position	Number of bits	Name	Function
ShockBurst configuration	143:120	24	TEST	Reserved for testing
	119:112	8	DATA2_W	Length of data payload section RX channel 1
	111:104	8	DATA1_W	Length of data payload section RX channel 1
	103:64	40	ADDR2	Up to 5 bytes address for channel 2
	63:24	40	ADDR1	Up to 5 bytes address for channel 1
	23:18	6	ADDR_W	Number of address bits(both RX channels)
	17	1	CRC_L	8 or 16 bits CRC
	16	1	CRC_EN	Enable on-chip CRC generation/cheeking
General configuration	15	1	RX2_EN	Enable two cannel receive mode
	14	1	CM	Communication mode (Directo or ShockBurst)
	13	1	RFDR_SB	RF data rate(1Mbps requires 16Mhz cristal mounted)
	12:10	3	XO_F	Crystal frecuency (Factory default 16Mhz crystal mounted)
	9:8	2	RF_PWR	RF output power
	7:1	7	RF_CH#	Frecuency cannel
	0	1	RXEN	RX or TX cannel

Tabla 4.5. Tabla de bits de configuración

Los bits de configuración es cambiada en el primer MSB en el flanco de positivo de CLK1. La nueva configuración es habilitada en el flanco de bajada de CS.



#### 4.4.7 Descripción detallada de los bits de configuración

En la tabla 4.6 se describe la función de los 144 bits (bit 143=MSB) que es usado para configurar el TRW-24G.

Configuración general del dispositivo: bits [15:0]

Configuración ShockBurst: bit [119:0]

Configuración de prueba: [143:120]

MSB								TEST							
D143	D142	D141	D140	D139	D138	D137	D136								
Reserved for testing															
1	0	0	0	1	1	1	0	default							

MSB																TEST															
D135	D134	D133	D132	D131	D130	D129	D128	D127	D126	D125	D124	D123	D122	D121	D120																
Reserved for testing																															
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	default															

DATA_2W															
D119	D118	D117	D116	D115	D114	D113	D112								
Data width channel#2 in # of bits excluding addr/crc															
0	0	1	0	0	0	0	0	default							

DATA_1W															
D111	D110	D109	D108	D107	D106	D105	D104								
Data width channel#1 in # of bits excluding addr/crc															
0	0	1	0	0	0	0	0	default							

ADDR2															
D103	D102	D101	....	D71	D70	D69	D68	D67	D66	D65	D64				
channel#2 Address RX (up to 40 bit)															
0	0	0	....	1	1	1	0	0	1	1	1	default			

ADDR1															
D63	D62	D61	....	D31	D30	d29	D28	D27	D26	D25	D24				
channel#1 Address RX (up to 40 bit)															
0	0	0	....	1	1	1	0	0	1	1	1	default			

ADDR_W											
D23	D22	D21	D20	D19	D18						
Address width in # of bits (both channels)											





0	0	1	0	0	0	default
---	---	---	---	---	---	---------

CRC		
D17	D16	
CRC Mode 1 = 16 bit, Mode 0= 8 bit	CRC 1 = enable, CRC=disable	
0	1	default

RF - Programming															LSB	
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Two Ch.	BUF	OD	XO Frecuency			RF Power		Channel Selection							RXEN	
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	default

Tabla 4.6. Configuración de datos

El bit MSB debe ser cargado primero en el registro de configuración.

#### 4.4.8 Configuración ShockBurst:

La sección del bit [119:16] contiene los segmentos del registro de configuración dedicados al protocolo operacional ShockBurst. Después que el modulo es activado la configuración ShockBurst es realizada y permanece así mientras exista voltaje. Durante la operación solo el primer byte para el canal de frecuencia y RX/TX necesitan ser cambiadas.

#### PLL\_CTRL

PLL_CTRL		
D121	D120	PLL
0	0	OPEN TX/CLOSED RX
0	1	OPEN TX/OPENRX
1	0	CLOSED TX/CLOSED RX
1	1	CLOSED TX/OPEN RX

Tabla 4.7. Configuración PLL

#### Bit 121-120:

PLL\_CTRL: Controla la configuración del PLL para propósitos de prueba. Con el control de lazo cerrado PLL en TX no debe haber desplazamiento. Para el modo de funcionamiento normal estos dos bits deben estar en bajo.



**DATA<sub>x</sub>\_W**

DATA2_W							
119	1181	117	116	115	114	113	112

DATA1_W							
111	110	109	108	107	106	105	104

Tabla 4.8. Numero bits en la carga útil.

**Bit 119 – 112:**

DATA2\_W: longitud de la sección del paquete de carga útil RF para recibir- canal 2.

**Bit 111 – 104:**

DATA1\_W: longitud de la sección del paquete de carga útil RF para recibir- canal 1.

Nota:

El número de bits RF en un paquete ShockBurst RF no debe exceder los 256

Máxima longitud de la sección de carga útil es por lo tanto dado por:

$$DATA_x\_W \text{ (bits)} = 256 - ADDR\_W - CRC$$

Donde:

ADDR\_W: longitud de la dirección RX colocado en los bits de configuración B[23:18].

CRC: comprobación de redundancia cíclica, 8 o 16 bits colocado en los bits de configuración B[17]

PRE: preámbulo, 4 o 8 bits son automáticamente incluidos

El número de datos a direccionar se reduce dependiendo del tamaño de datos para el CRC y la longitud de bits para direccionar.

**ADDR<sub>x</sub>**

ADDR2											
103	102	101	....	71	70	69	68	67	66	65	64
ADDR1											
63	62	61	....	31	30	29	28	27	26	25	24

Tabla 4.9. Dirección del receptor #2 y receptor #1.



**Bit 103 – 64:**

ADDR2: dirección del canal 2 del receptor, hasta 40 bit.

**Bit 63 – 24:**

ADDR1: dirección del canal 1 del receptor, hasta 40 bit.

**ADDR\_W & CRC**

ADDR_W						CRC_L	CRC_EN
23	22	21	20	19	18	17	16

Tabla 4.10. Numero de bits reservados para la dirección RX + configuración CRC.

**Bit 23 – 18:**

ADDR\_W: numero de bits reservados para la dirección RX en paquetes ShockBurst.

Nota: el número máximo de bits de dirección es 40 bits (5 bytes).

**Bit 17:**

CRC\_L: la longitud de CRC será calculada por el TRW 24G en ShockBurst.

0 lógico: 8 bit CRC

1 lógico: 16 bit CRC

**Bit: 16:**

CRC\_EN: habilita la generación en el chip de CRC (TX) y verificación (RX).

0 Lógico 1: On-chip CRC generación/verificación deshabilitada

1 Lógico 1: On-chip CRC generación/verificación habilitada



### Configuración general del dispositivo

Esta sección los bits de configuración maneja RF y relaciona parámetros del dispositivo.

RX2_EN	CM	RFDR_SB	XO_F			RF_PWR	
15	14	13	12	11	10	9	8

Tabla 4.11. RF ajustes de operación

#### Bit 15:

RX2\_EN:

- 0 Lógico: recibe un canal
- 1 Lógico: recibe dos canales

Nota: El TRW 24G recibe simultáneamente en dos canales de frecuencias separadas. Las frecuencia de canal receptor uno es configurado en los bits de configuración bit [7-1], el canal receptor dos es siempre 8Mhz de diferencia del canal uno.

Pero en el presente proyecto se usa solamente un canal, es decir el canal uno el mismo que está configurado con una frecuencia de 2464 MHz de acuerdo a las formulas que se explica más adelante en la sección para la configuración del Canal Selección del canal RF.

#### Bit 14:

Modo de comunicación:

- 0 lógico: el modulo opera en modo directo
- 1 lógico: el modulo opera en modo ShockBurst.

#### Bit 13:



Tasa de datos RF:

0 lógico: 250Kbps

1 lógico: 1 Mbps

Nota: Utilizando 250Kbps en lugar de 1 Mbps se puede mejorar la sensibilidad del receptor por 10 dB. 1 Mbps requiere un cristal de 16Mhz.

**Bit 12-10:**

XO\_F: selecciona la frecuencia del cristal a ser usado

XO FREQUENCY SELECTION			
D12	D11	D10	MHz
0	0	0	4
0	0	1	8
0	1	0	12
0	1	1	16
1	0	0	20

Tabla 4.12. Configuración de la frecuencia del cristal

**Bit 9-8: RF\_PWR.** Establece la potencia en el modo de transmisión.

RF OUTPUT POWER		
D9	D8	P[dBm]
0	0	-20
0	1	-10
1	0	-5
1	1	0

Tabla 4.13. Configuración de la potencia de salida



### Selección del Canal RF

RF CH#							RXEN
7	6	5	4	3	2	1	0

Tabla 4.14 frecuencia del canal + configuración RX/TX

#### Bit 7-1:

*RF\_CH#:* establece la frecuencia del canal en que opera el modulo.

*La frecuencia del canal en la transmisión está dada por:*

$$\text{Channel}_{RF} = 2400 \text{ MHz} + \text{RF\_CH\_ \#} * 1.0\text{MHz}$$

*RF\_CH#:* entre 2400MHz y 2527MHz puede ser establecido.

La frecuencia del canal en el canal de datos 1 está dada por:

$$\text{Channel}_{RF} = 2400 \text{ MHz} + \text{RF\_CH\_ \#} * 1.0\text{MHz} \text{ (recibe el PIN \#8)}$$

*RF\_CH#:* entre 2400MHz y 2524MHz puede ser establecido.

La frecuencia del canal en el canal de datos 2 está dada por:

$$\text{Channel}_{RF} = 2400 \text{ MHz} + \text{RF\_CH\_ \#} * 1.0\text{MHz} + 8\text{MHz} \text{ (recibe el PIN \#4)}$$

*RF\_CH#:* entre 2408MHz y 2524MHz puede ser establecido.

#### Bit 0:

Establece el modo activo:

0 lógico: modo de transmisión

1 lógico: modo de receptor

#### 4.4.9 Descripción del paquete de datos

PRE-AMBLE	ADDRES	PAYLOAD	CRC
-----------	--------	---------	-----

*Figura 4.12. Diagrama del paquete de datos.*

El paquete de datos para ambos modos de comunicación ShockBurst y modo directo es dividido en 4 secciones. Estos son:



<p><b>1.- PREAMBULO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El campo preámbulo es requerido en ShockBurst y modo directo.</li> <li>• Preámbulo es de longitud de 8 bits y depende del primer bit de datos en modo directo</li> </ul> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PREAMBULO</th> <th style="text-align: center;">1<sup>st</sup> ADDR_BIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">01010101</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10101010</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El preámbulo es añadido automáticamente al paquete de datos, en ShockBurst y así da un espacio extra para la carga útil. En modo directo el MCU debe manejar el preámbulo.</li> <li>• En ShockBurst en modo RX, el preámbulo es removido de los datos de salida, en modo directo el preámbulo es transparente a los datos de salida.</li> </ul>	PREAMBULO	1 <sup>st</sup> ADDR_BIT	01010101	0	10101010	1
PREAMBULO	1 <sup>st</sup> ADDR_BIT						
01010101	0						
10101010	1						
<p><b>2.- ADDRESS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El campo de dirección es requerido en el modo ShockBurst.</li> <li>• 8 a 40 bits de longitud</li> <li>• La dirección es automáticamente removida del paquete de datos en ShockBurst. En modo directo el MCU debe manejar la dirección.</li> </ul>						
<p><b>3.- PAYLOAD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los datos a ser transmitidos</li> <li>• En ShockBurst el tamaño de la carga útil es de 256 bits mínimo es como sigue: Dirección: 8 a 40 bits + CRC 8 o 16 Bits</li> <li>• En modo directo el tamaño de paquete máximo es para 1 Mbps 4000 bits (4ms)</li> </ul>						
<p><b>4.- CRC</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El CRC es opcional en ShockBurst y no es usado en modo directo</li> <li>• 8 o 16 bits de longitud</li> <li>• El CRC es removido de los datos de salida recibidos en modo ShockBurst RX.</li> </ul>						

Tabla 4.15. Descripción de los paquetes de datos



#### 4.5 Consideraciones de diseño

Se considero hacer el uso de estos dispositivos para usarlos como un medio de información y que están vinculados al sistema de seguridad, es decir que en el caso de que exista un evento cuando el usuario no esté presente en su vivienda inmediatamente se enviara un aviso a todos los módulos que estén dentro del alcance y a su vez cuando se reciba el mensaje se lo visualiza en la pantalla de la PC informando sobre este evento.

Para aplicación se ha observado la ventaja de tener un sistema inalámbrico en el cual los módulos TRW 2.5G son una opción bastante confiable para comunicarse a distancias considerablemente grandes como lo es en este caso alrededor 100m considerando que en el trayecto no existan grandes obstáculos para obtener una optima comunicación.

Mantener una comunicación confiable de acuerdo a las distancias, sin que esto sea un impedimento para el envío de datos y que estos a su vez no se pierdan en el trayecto hacia el receptor.

Al momento de ubicar los módulos deberá observarse el lugar para el mismo y que sea de fácil acceso evitando la humedad y también que el lugar donde se coloque no existan obstáculos para proporcionar una comunicación adecuada.

Además se ha hecho uso de los microcontroladores en este caso el PIC 16F1826 el mismo tiene un oscilador interno configurable de hasta 20 Mhz, el cual se presenta en la figura 4.13. Con la disposición de sus pines y sus funciones.

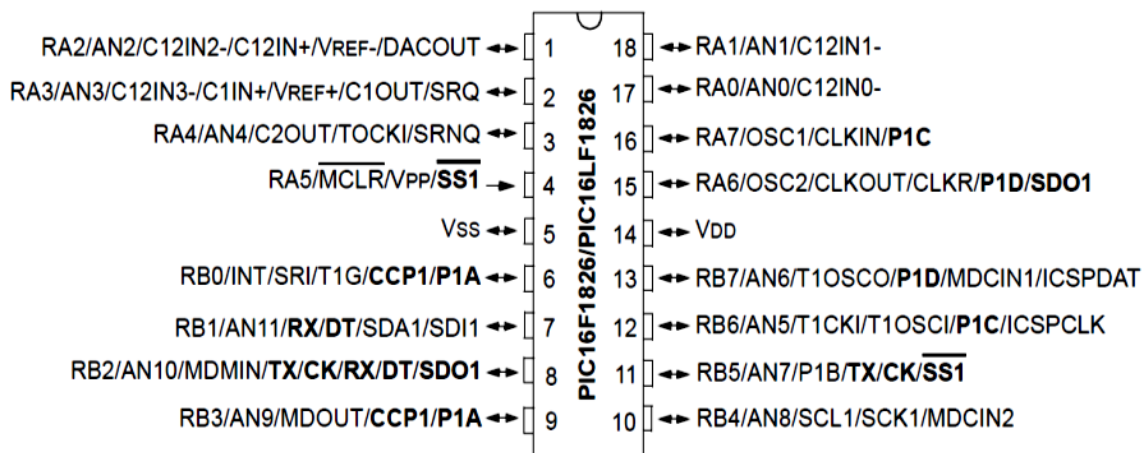


Figura 4.13. Configuración de los pines del PIC 16F1826

En este proyecto las señales son enviadas en forma digital para ser transmitidas con mayor fiabilidad por el aire. Entonces se hace necesario contar con unidades

de procesamiento de la información digital. En donde la unida de procesamiento de información llega a ser los microcontroladores y la PC. La mejor opción es emplear un microcontrolador, el cual tiene un tamaño reducido y tiene las capacidad suficiente para procesar la cantidad de datos disponibles de tranceptor ya que contiene la suficiente una memoria de 8kbytes y los puertos de entrada y salida como es el PIC 16F1826 y además desde otro punto remoto se puede enviar y recibir los mensajes de aviso para ser visualizados en la PC.

Se hace el uso del lenguaje de programación de alto nivel (lenguaje C) para escribir el código que se cargara al microcontrolador y posteriormente una aplicación en Visual Basic para interfaz fácil con una persona.

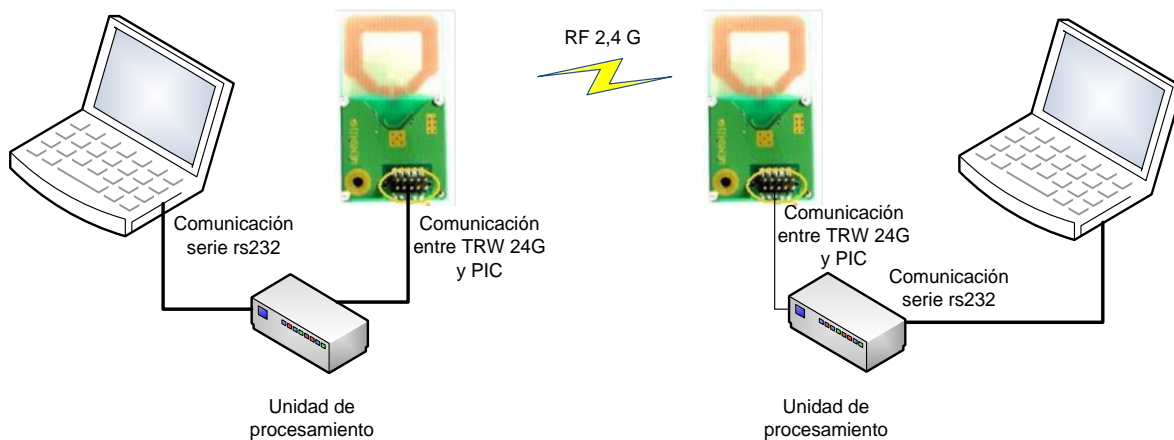


Figura 4.14. Conexión entre una PC y el modulo

Tanto el modulo TRW 24G de emisión como el PIC que se usa como CPU están alimentados con una tensión de 3,3V los cuales son niveles de tensión aun adecuados que permiten estos dispositivos un correcto funcionamiento pero los valores correctos para funcionamiento son:

Bloque Oscilador interno de 32Mhz:
- Calibrado de fabrica con un valor de típico $\pm 1\%$
- Rango de frecuencias seleccionable por software desde 31Khz hasta 32Mhz
Cuatro modos de con cristal hasta 32Mhz
Voltaje de operación 1.8-5.5V

Tabla 4.17. Características generales del PIC

### 4.5.1 comunicación con el UART de la PC

La interconexión entre el puerto COM de la PC y el puerto UART del microcontrolador requiere una conversión de niveles de voltaje que adapte el intervalo de voltaje del microcontrolador (0V/3,3V) al protocolo de niveles de voltaje RS 232 (-10V/+10V) con el que opera el puerto serie de la PC.

Se ha empleado como convertidor de niveles RS 232 el circuito integrado MAX232. Para su correcto funcionamiento es necesario acoplarle una serie de capacidades externas como se muestra en la figura 4.15 cuyos valores recomendados se encuentran en la hoja de características del dispositivo

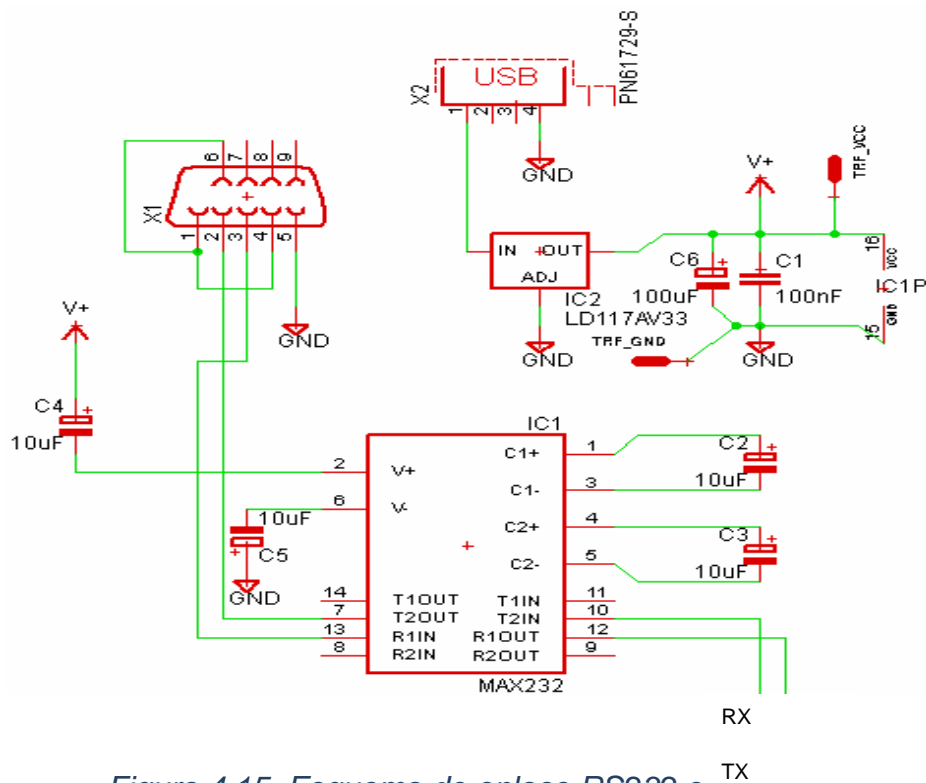


Figura 4.15. Esquema de enlace RS232 c

### 4.5.2 Módulos de transmisión y recepción

Uno de los puntos importantes ha sido el desarrollo adecuado del hardware para las placas de transmisión y recepción se ha elegido un diseño robusto, para

asegurarse siempre un correcto funcionamiento de ambos módulos sin dejar a lado el correcto funcionamiento con el software desarrollado.

Una observación importante es que en lugar de trabajar los 5V que es típicamente el nivel de tensión que se ha venido manejando en otras aplicaciones, una alimentación de 3,3V es la tensión típica con la que trabaja el modulo TRW 24G pudiendo funcionar con una tensión entre 1,9 y 3,6 V pudiéndose utilizar baterías pequeñas que brinden esa tensión, como las que se incorpora en la gran mayoría de teléfonos móviles, pero en este trabajo no se considera el uso de baterías ya que todo el sistema se alimenta mediante su propia fuente de alimentación que a su vez están conectados a la red eléctrica, pero para futuras ampliaciones y mejoras al sistema se puede hacer la inclusión de las baterías de modo que envíe una señal de aviso a las viviendas contiguas indicando la falta de energía eléctrica en dicho domicilio.

Los esquemas para la conexión empleados durante el diseño de los módulos de emisión y recepción han sido creados con el programa editor de placas de circuito impreso EAGLE LAYOUT EDITOR. A continuación se muestran los esquemas de conexión del circuito transmisor y el de recepción.

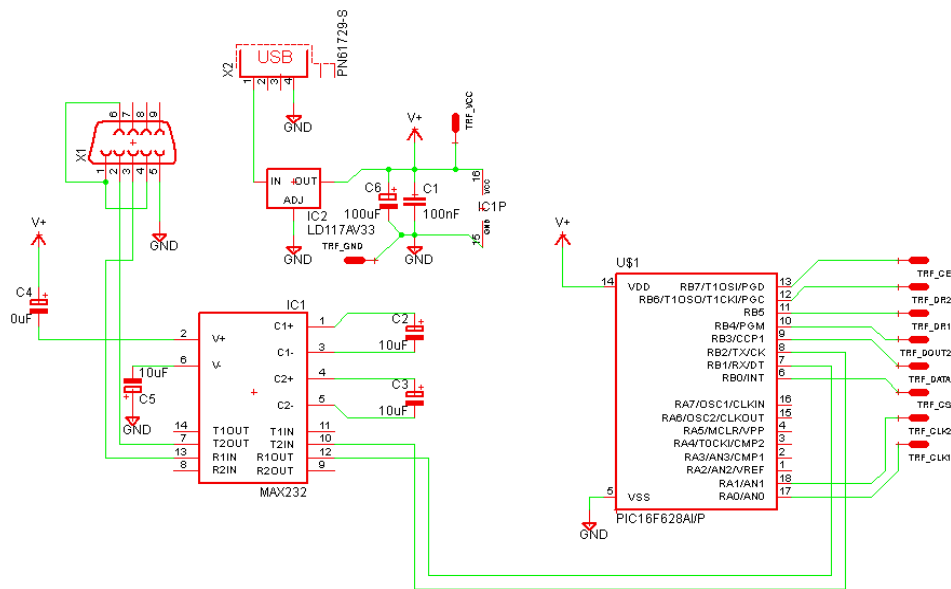


Figura 4.16. Esquema de conexión del circuito transmisor y receptor



## CAPITULO 5

### Comunicación por redes GSM

#### 5.1 Introducción

La tecnología inalámbrica es un tema de estudio relacionado con la transmisión de voz y datos, sobre todo en algunos lugares donde es imposible llegar con redes cableadas. Las redes celulares permiten actualmente el acceso a la información en cualquier momento y lugar a petición del usuario que lo requiera, además cubren la necesidad de movilidad ya que abarcan una gran área de cobertura. Los servicios de datos son los que mayor crecimiento dan a las redes celulares son los cuales permiten el envío de SMS entre dos terminales, estos mensajes contienen información muy pequeña, es por esta razón que se usaran en esta aplicación ya que no requieren grandes cantidades de datos.

#### 5.2 Sistema de transmisión de datos por red celular

##### 5.2.1 Telefonía celular

Con la telefonía celular es posible comunicarse en tiempo real transmitiendo voz y datos gracias a la velocidad con la que viaja la información.

##### 5.2.2 Redes GSM y GPRS

#### Red GSM

La red GSM es una red totalmente digital, emplea un sistema de multiplexación por división de tiempo (TDM) con el cual esta dividido en seis ranuras el canal se asignan a cada usuario mientras se transmite, esto quiere decir que se puede tener múltiples transmisiones en un mismo canal sin tener interferencia entre si.

La comunicación entre dos terminales GSM de una red de circuitos conmutados consta de tres fases

- Establecimiento de la conexión.
- Transferencia de datos.
- Cierre o liberación de la conexión.



Cuando se ha establecido la comunicación entre las dos terminales se ocupa el canal de comunicación el cual permanece ocupado hasta que se libera el canal de comunicación, de esta manera al estar el canal ocupado los datos se transmiten desde el punto de origen hasta el destino.

## **Red GPRS**

GPRS es la tecnología inalámbrica de transmisión de datos por medio de paquetes sobre la red GSM, es una tecnología basada en paquetes, los datos se los transmite por paquetes para transmitirlos sobre una red IP, es más eficiente que la conmutación de circuitos, la conmutación de paquetes es usada para la transmisión de datos mientras que conmutación de circuitos es un procedimiento utilizado para la transmisión de voz.

El transmisor segmenta los datos en paquetes independientes de tamaño apropiado y el receptor se encarga de reconstruirlos para así obtener los datos originales, cada paquete viaja de un nodo a otro hasta llegar al destino a través de la red.

Los paquetes de datos se almacenan temporalmente en el nodo hasta ser enviado al siguiente esto significa un retardo estando en función del tráfico existente y de la manera en que viajan varía ya que algunos paquetes pueden llegar en desorden y finalmente se ordenan para reconstruir el dato original.

### **5.2.3 ventajas y desventajas entre GSM y GPRS**

#### **Conmutación de circuitos (GSM)**

##### **VENTAJAS:**

- El enlace creado entre los 2 terminales tiene la capacidad de transmisión (ancho de banda) requerida, siempre disponible.
- Una vez establecida la conexión, la red es transparente para las entidades que se están comunicando.
- El retardo es menor que en la conmutación de paquetes.

##### **DESVANTAJAS:**

- Ineficiencia por dedicar ancho de banda cuando no se requiere.



- Tarda en el establecimiento y cierre de la conexión, lo cual provoca un retardo adicional.

## Conmutación de Paquetes (GPRS)

### VENTAJAS:

- Alta eficiencia: Aprovecha mejor el ancho de banda disponible, ya que no es necesario el uso exclusivo del canal para la transmisión de datos de un punto a otro.
- Cambio de velocidad: es posible tener diferentes velocidades, una velocidad para recibir datos y otra para transmitir
- Manejo de congestión: puede seguir recibiendo datos aunque los recursos de la red estén ocupados, es decir que cuando este libre parte de la red sigue recibiendo los datos además que establece prioridades.
- Por otro lado, GPRS transporta una carga de datos mayor que el Servicio de Mensajes Cortos (SMS), donde el número de caracteres se limita a 160.
- Otra ventaja de este sistema sobre GSM es el modo de tarificación, pues en GPRS se factura por el volumen de datos de la transferencia, a diferencia del sistema GSM en el que se cobraba por el tiempo de conexión.

### DESVENTAJAS:

- Existe colas de espera en cada nodo, lo que con provoca un retardo que es mayor que en conmutación de circuitos.
- Posibilidad de congestión, cuando la red acepta paquetes más allá de la capacidad para despachar los paquetes.

### 5.2.4 Servicio de mensajes cortos SMS

En el presente trabajo se ha dado una aplicación práctica al servicio de mensajes escritos aplicando principalmente a la seguridad del hogar, teniendo en cuenta que se puede escribir comandos cortos para la activación o desactivación del sistema de alarma, el cual consiste de la concentración de los diferentes sensores existentes. Debido a que los sensores enviaran una señal de activación del sensor activo y se envía un mensaje de texto informando de esta situación dentro del local donde se encuentre instalado.





### **5.3 Comandos AT**

Los comandos AT se definen como un conjunto de instrucciones creados por Denis Hayes en 1977 con el objeto de comunicarse con un terminal modem para configurarlo y realizar algunas operaciones como es de establecer una llamada. Posteriormente compañías como Microcomm y US Robotics desarrollaron nuevos comandos AT y estos se denominan comandos extendidos y comienzan de la forma AT+.

#### **5.3.1 Funciones de los comandos AT**

Algunas de las funciones destacadas con el uso de comandos AT son las siguientes:

- Configurar un teléfono para una conexión inalámbrica, mediante infrarrojos, bluetooth o por cable serial. Configuración del modem interno de un teléfono celular si es que a este se lo tiene acceso.
- Obtener información necesaria acerca de la configuración actual del celular.

#### **5.3.2 Comandos AT y modem GSM**

Al inicio cuando se empezaban a usar los comandos AT se los utilizaba para comunicación con módems últimamente se los ha usado en módems GSM , estos módems aceptan estas instrucciones para las configuraciones necesarias.

Existen los modem GSM propiamente, estos dispositivos no cuentan con una pantalla para la visualización y tampoco contienen teclado como los teléfonos móviles, pero tienen la posibilidad de manipulación de sus datos como son: contactos telefónicos, enviar SMS, realizar llamadas, realizar configuraciones.

Con respecto a la configuración, pruebas o conexión se la hace mediante un computador o microcontrolador si es el caso, para esto se usa su puerto de comunicación serial o USB.

#### **5.3.3 Sintaxis de los comandos AT**

Estos comandos son cadenas de caracteres ascii. El comando AT proviene de la palabra en ingles “attention” en cual indica al modem que atienda al comando enviado.



En las aplicaciones de teléfonos celulares se tiene la sintaxis siguiente:

- La secuencia inicial debe ser escrito al empezar cada línea de comando
- El tipo de comando

El retorno de carro <CR><sup>50</sup> es el equivalente al “enter” en una PC.

La forma de enviar comandos AT tiene la estructura siguiente:

AT+	CMGF=1	<CR>
Secuencia inicial	código	Secuencia final

- La secuencia de inicio de los comandos AT es una cadena de caracteres que va seguido por el signo “+”. El comando debe escribirse luego del comando AT+ con letras mayúsculas o minúsculas.
- La secuencia final debe ser <CR> o retorno de carro y es equivalente a ENTER, (valor ASCII es 0Dh).
- El signo “=” significa que se está configurando un parámetro.
- El signo “?” significa que se pide información y de igual manera los signos “=?” significa que se quiere obtener todos los valores posibles de configuración. La respuesta del modem ante un comando tiene la siguiente estructura:

Secuencia inicial	<CR><LF>
CODIGO	OK
Secuencia final	<CR><LF>

- Los caracteres “OK” corresponden a una operación exitosa, por otro lado y si aparece “ERROR” corresponde a una operación fallida.
- La secuencia inicial y secuencia final constan de <CR><sup>51</sup> y <LF><sup>52</sup>.

### 5.3.4 Comandos generales

Los comandos que se presentan a continuación pueden ser usados en cualquier modem GSM que acepte comandos AT.

#### Comandos para información del equipo<sup>53</sup>

<sup>50</sup> CR. retorno de carro

<sup>51</sup> CR: retorno de carro

<sup>52</sup> LF: salto de línea



- AT-CGMI: identificación del fabricante
- AT+CGSN: número de serie del equipo
- AT+CIMI: obtener el IMSI (Identificación de la Estación móvil Internacional).
- AT+CPAS: obtener el estado del modem.

### **Comandos de servicio de red**

- AT+CSQ: Obtener calidad de la señal.
- AT+COPS: Selección de un operador.
- AT+CREG: Registrarse en una red.

### **Comandos de seguridad**

- AT+CPIN: ingresar el PIN.
- AT+CPINC: Obtener el número de reintentos que quedan.
- AT+CPWD: Cambiar password.

### **Comandos para agenda de teléfonos**

- AT+CPBR: Leer todos los registros. .
- AT+CPBF: Encontrar un registro.
- AT+CPBW: Almacenar un registro.
- AT+CPBS: Buscar un registro.

### **Comandos para SMS**

- AT+CPMS: Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS.
- AT+CMGF: Seleccionar formato de los mensajes SMS.
- AT+CMGR: Leer un mensaje SMS almacenado.
- AT+CMGL: Listar los mensajes almacenados.
- AT+CMGS: Enviar mensaje SMS.
- AT+CMGD: Borrar mensaje
- AT+CSCA: Establecer el Centro de mensajes a usar.

### **5.3.5 Uso de comandos para envío de mensajes de texto**

Para el envío de mensajes es necesario seguir algunos pasos sencillos que se describen a continuación:

1. Comprobar el estado de la comunicación.

---

<sup>53</sup> Ref.: [alarmagsm.googlecode.com/files/COMANDOS%20AT.doc](http://alarmagsm.googlecode.com/files/COMANDOS%20AT.doc)



Comando	AT
Respuesta del modem	OK

## 2. Configuración del modo de escritura de los mensajes de texto

Comando	AT+CMGF=1
Respuesta del modem	OK

Este comando permite configurar el modo de escritura del modem para envío de mensajes de texto.

## 3. Configuración para la llegada de nuevos mensajes de texto

Comando	AT+CMGL="REC UNREAD"
Respuesta del equipo	OK

El comando AT+CMGL ="REC UNREAD" permite hacer lectura de los mensaje nuevos.

## 4. Ingreso del numero de destino

Comando	AT+CMGS= 0XXXXXXXX
Respuesta del modem	OK

El comando AT+CMGS permite ingresar el numero del destino al que se envía el mensaje de texto.

Adicionalmente el tiempo que tarda el equipo en responde r es de 500ms.

### 5.3.5.1 Formatos para envío de mensajes

#### Modo texto

El modo de envió en formato de texto es mucho más sencillo de usar para las aplicaciones que el modo PDU, pero hay que tener en cuenta que algunos terminales no admiten el formato de texto. Con el modo de texto por la facilidad se escribe el mensaje y se envía, además se puede desarrollar otras aplicaciones de manera rápida.

### 5.4 Descripción del teléfono móvil usado como modem GSM

#### 5.4.1 Selección del dispositivo de comunicación GSM

Antes de seleccionar el terminal modem es importante considerar la interface de comunicación, los protocolos de comunicación y los datos que se manejan.

Existen módems GSM para desarrollo de aplicaciones, pero algo muy importante es la frecuencia de trabajo de los mismos que en este caso en el Ecuador trabaja a los 850MHz.

#### 5.4.2 Tipos de terminales

Actualmente se encuentran diferentes tipos de terminales, entre los más importantes se encuentran los teléfonos Nokia y módems para PC.

#### 5.4.3 Teléfonos Nokia

Los modelos de Nokia permiten la comunicación por medio de comandos AT, por tramas FBUS y MBUS, para estos protocolos es difícil encontrar guías de desarrollo al ser protocolos propietarios.

#### 5.4.3 Características requeridas de los terminales

Algunas de las principales características que se deben considerar para la selección de los terminales son: puerto serial de comunicaciones, capacidad de envío y recepción de mensajes, y principalmente el protocolo de comunicaciones que más adelante se hace referencia.

#### 5.4.4 Teléfono Nokia 3320

De acuerdo a las necesidades para el presente trabajo se ha tomado en consideración de usar el teléfono Nokia 3320 como un módem GSM ya que permite la comunicación con una PC mediante comandos AT..



*Figura 5.1. Teléfono celular Nokia 3320*

#### 5.4.5 Especificaciones técnicas

El teléfono Nokia 3320 funciona en la red inalámbrica GSM a 850/1800/1900 MHz. El mismo cuenta con una batería de Li-Ion (ion de litio). Pantalla con una resolución de 128x60 píxeles. Entre las características de teléfono móvil es que cuenta con mensajería SMS, EMS, MMS y conexión GPRS.

## 5.5 Descripción del puerto de comunicación y cables de Conexión del celular

### 5.5.1 Puerto de comunicación del modem GSM

El puerto de comunicación del teléfono GSM Nokia 3220 se describe para poder identificar los pines necesarios para la comunicación, en la figura 5.2 se muestra el puerto de comunicación mencionado.

La tensión para los niveles lógicos con el que trabaja el puerto es de 5V y los niveles con los que trabaja el puerto son:

0 Vlts. = Lógica "0"

5 Vlts = Lógica "1"



Figura 5.2. Conector del teléfono Nokia 3220\*

Este tipo de conector está conformado por 14 pines en donde cada uno de ellos tiene su función, en la tabla 5.1 se tiene la descripción de cada uno de los pines.

**Las características de los pines y su nombre típico son:**

Pin Numero	Número	Descripción
1	Vin	Entrada de carga
2	GND	Salida de carga
3	ACI	Accesorio interfaz de control (para reconocimiento de manos libres)
4	Vout/ VDD+	Conectado al Pin 2 en el cable de datos DKU5. Para manos libres, Por ejemplo fuente de alimentación de un microchip
5	USB/Vbus	Debe ir conectado al pin 1 del cable USB de datos. Vcc +5V
6	Fbus Rx/ USB+	USB existente solo en algunos modelos. Debe ser conectado en el pin 3 del cable USB de datos. (USB Data +)
7	Fbus Tx/ USB-	USB existente solo en algunos modelos. Debe ser conectado en el pin 2 del cable USB de datos. (USB Data -).
8	GND	Tierra (USB GND)
9	XMic -	Entrada de audio. Ext. Entrada para micrófono negativo
10	Xmic +	Entrada de audio. Ext. Entrada para micrófono positivo
11	HS Ear -	Entrada de audio - extensión de salida de audio izquierda negativa
12	HS Ear +	Entrada de audio - extensión de salida de audio izquierda positiva
13	HS Ear R -	Entrada de audio - extensión de salida de audio derecha negativa
14	HS Ear R+	Entrada de audio - extensión de salida de audio derecha positiva

Tabla 5.1. Descripción de los pines<sup>54</sup>

### 5.5.2 Pines utilizados en la comunicación

Del puerto los pines que se requieren son los pines de recepción (Rx), transmisión (Tx), de y tierra (GND), los cuales son los pines 6,7y 8 respectivamente para la comunicación serial.

- Pin 6 es RX.
- Pin 7 es TX.
- Pin 8 es GND

Para la conexión con el puerto del teléfono móvil se usa el cable DKU-5 (CA-42), el cual se muestra en la figura 5.3.



*Figura 5.3. Cable Dku 5 (CA-42)*

Para la comunicación con el teléfono móvil se debe configurar los siguientes parámetros en la PC:

- Velocidad de transmisión 9600 bps
- 8 bits de datos
- Bits de paridad “Ninguna”

<sup>54</sup> Ref.: [http://pinouts.ru/CellularPhones-Nokia/nokia\\_pop\\_pinout.shtml](http://pinouts.ru/CellularPhones-Nokia/nokia_pop_pinout.shtml)

## 5.6 Ejecución de los comandos AT

Para la comunicación entre la PC y el modem se ha desarrollado una aplicación en VISUAL BASIC para la prueba de comunicación entre la PC y el modem mediante los comandos AT del modem, esta ventana es parte del desarrollo de la interface de usuario que se presenta en el capítulo 8 de pruebas finales del equipo construido, esta aplicación es realizada para hacer pruebas de comunicación ya que reemplaza en este caso el uso del hyperterminal para la comunicación.

Para la ejecución de los comandos AT se requiere la lista de los comandos que reconoce el modem a usarse en la aplicación, en este caso son los comandos desarrollados por Nokia, mediante el cable de datos se puede obtener y enviar información es decir se involucra los comando para el envío de mensajes de texto.

### 5.6.1 Uso de los comandos de configuración

Los comandos que permiten configurar al modem que está integrado al teléfono móvil se explican sus funciones de los más importantes que se utilizan en este trabajo.

El primer comando usado para verificar el correcto funcionamiento del modem es AT el cual es un comando usado para monitorear el canal de comunicación, si los parámetros de velocidad, numero de bits son correctos el modem responde OK esto significa que el modem esta listo para recibir comandos, en la figura 5.4 se ilustra su funcionamiento.

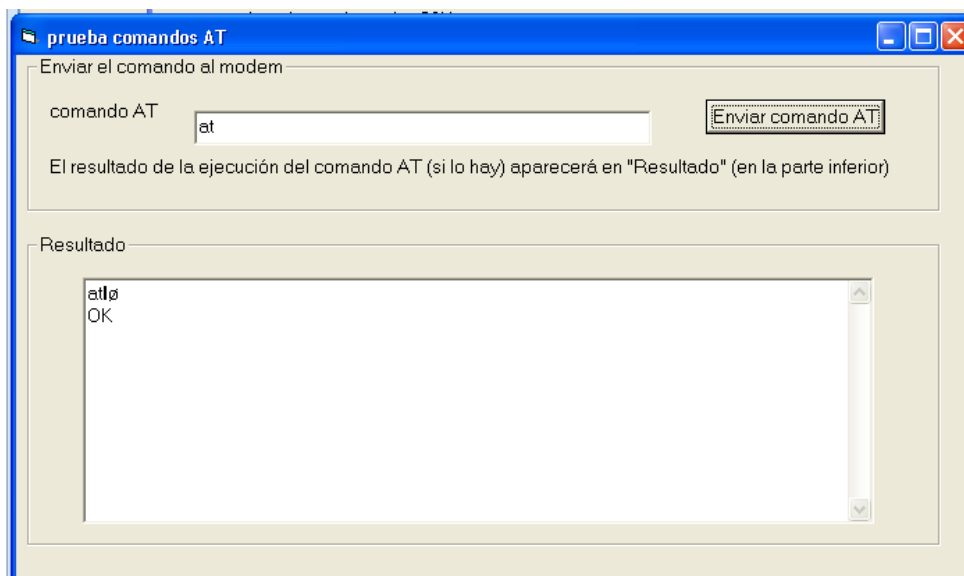
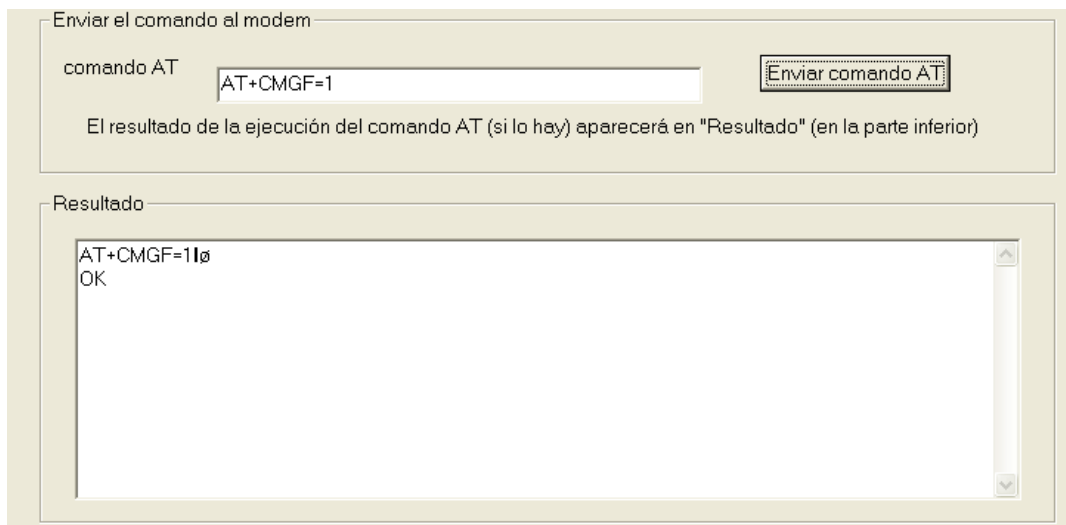




Figura 5.4. Respuesta al comando AT

### 5.6.2 Selección del modo para envío de mensajes

AT+CMGF=X, es un comando para seleccionar el modo de interpretación de los datos por parte del modem, en donde la letra X puede contener los valores 0 o 1, si se ingresa el valor 1 los datos se interpretan como texto, es decir los caracteres son ASCII. Si se ingresa el valor 0 los datos son interpretados en modo PDU<sup>55</sup> por lo tanto todos los datos se interpretan como caracteres en Hexadecimal. Pero para la presente aplicación se ha tomado la primera opción ya que el manejo de la información es más sencillo. Cuando el modem ha recibido este parámetro de configuración responde OK, lo cual indica que la configuración es correcta en caso contrario responderá ERROR es decir el modem no se puede configurar en modo de texto, en la figura 5.5 se presenta el procedimiento.



*Figura 5.5. Configuración en modo texto.*

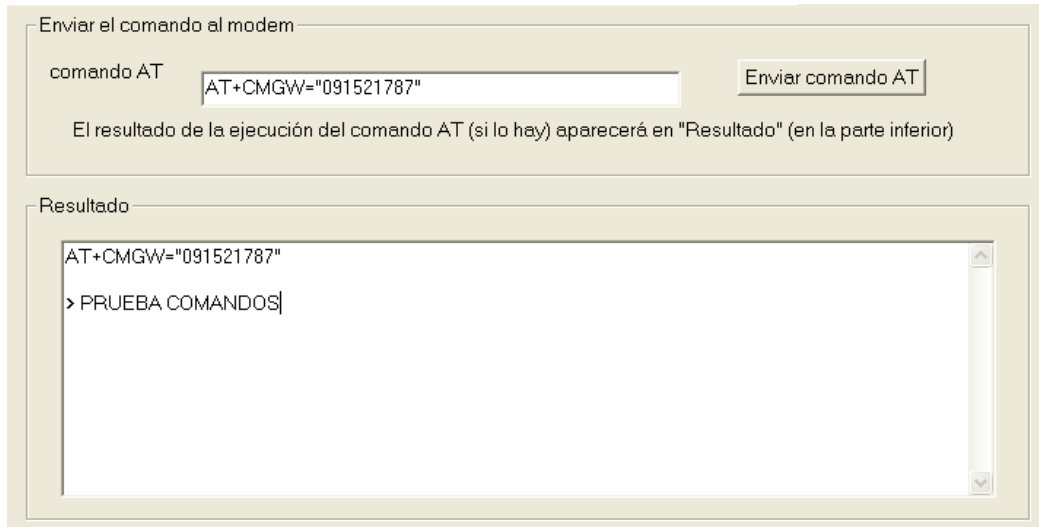
### 5.6.3 Comandos para envío de SMS

Cuando el modem ha sido configurado en modo texto, se procede al envío de mensajes de texto.

Mediante el comando AT+CMGW="numero" se ingresa el número de teléfono al cual se va a enviar el mensaje en la figura 5.6 se presenta el uso de este comando.

<sup>55</sup> Protocol Data Unit

Cuando el comando es aceptado el modem responde con el signo ">" el mismo indica que se puede ingresar el texto necesario y una vez terminado de escribir el texto se utiliza la combinación de teclas ctrl+z de esta manera se indica el fin del mensaje, pero en Visual Basic se lo hace mediante char(26) que es la equivalencia de ctrl+z cuando el procedimiento es correcto el modem responde OK, dicho procedimiento se presenta en la figura 5.6.



*Figura 5.6. Uso del comando para enviar mensajes*

#### **5.6.4 Comandos para leer los SMS recibidos**

El modem usado tiene un buzón de mensajes recibidos, cuando existe un mensaje marcado como no leído es entonces que se procede a hacer lectura del mensaje y cuando esto sucede el mensaje se marca como mensaje leído para este caso se usara otro comando para leer los mensaje que ya se han leído, estos comandos se presentan a continuación:

AT+CMGL="REC UNREAD"

AT+CMGL="REC READ"

El sistema desarrollado debe enviar y recibir mensajes, se sabe que los mensajes que ingresan se guardan en la memoria del modem entonces se debe configurar de modo que los mensajes se guarden en la memoria del modem, el mismo tiene la suficiente capacidad para guardar mensajes, además tiene una configuración inicial que guarda en la memoria SIM.

Para usar el modem lo primero que se hace es seleccionar la memoria a utilizar que es la memoria interna del modem, cada vez que se reinicia el modem estará configurado para leer la memoria desde la SIM. Las opciones para seleccionar la memoria a usar y para el borrado de mensajes se muestra en la figura 5.7 , el borrado de los mensaje se debe hacer periódicamente. El comando para seleccionar la memoria en donde se guardara el mensaje es:

AT+CPMS="ME" o "SM"

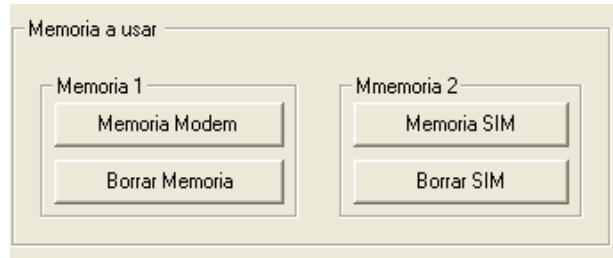


Figura 5.7. Selección de memoria y borrado de mensajes

El modo de escribir los comandos para la configuración para seleccionar la memoria a usar se muestra en la figura 5.8.

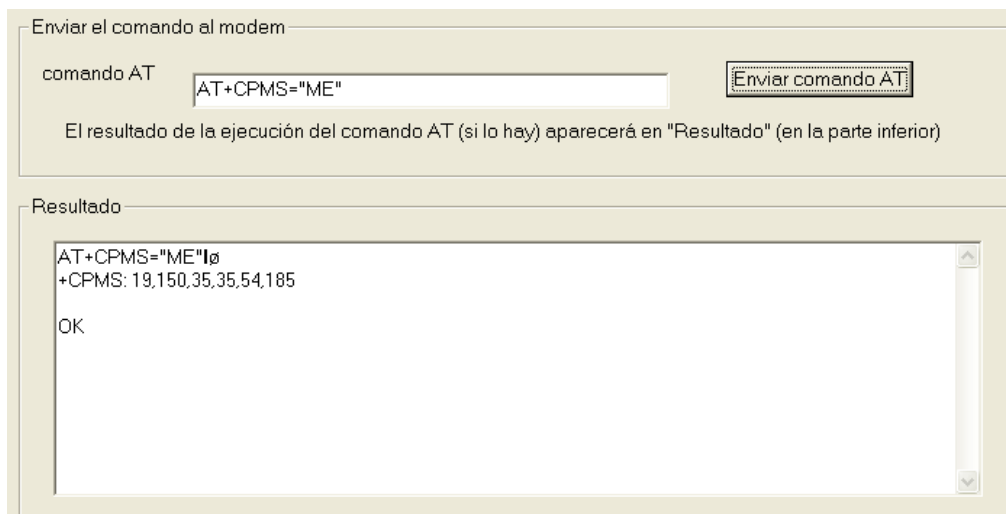
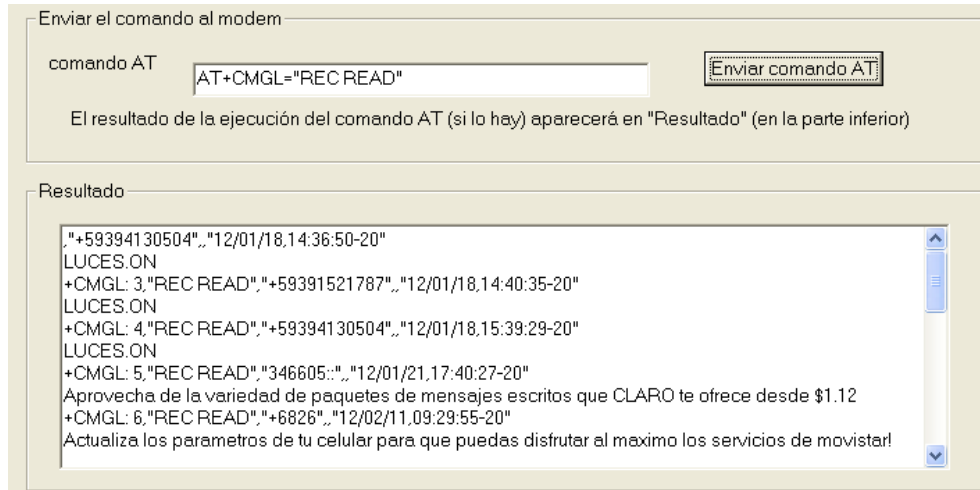


Figura 5.8. Comando para seleccionar donde guardar los mensajes

El siguiente comando para la lectura de los mensajes guardados es: AT+CMGL="REC READ" el cual listara todos los mensajes que se han

almacenado en la memoria seleccionada, el procedimiento y la respuesta al comando se muestra en la figura 5.9.



Enviar el comando al modem

comando AT

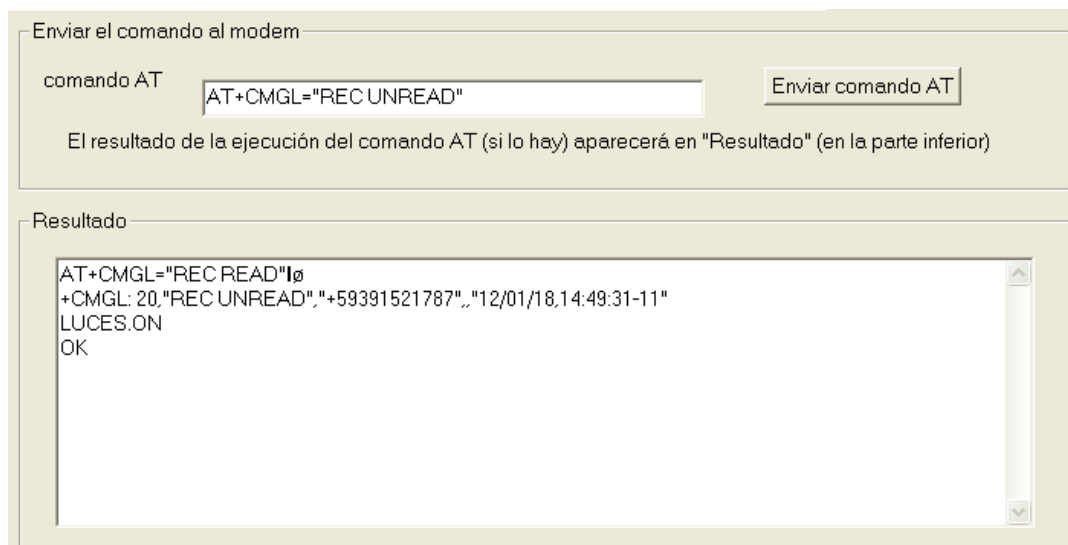
El resultado de la ejecución del comando AT (si lo hay) aparecerá en "Resultado" (en la parte inferior)

Resultado

```
+59394130504', '12/01/18,14:36:50-20"
LUCES.ON
+CMGL: 3,'REC READ','+59391521787', '12/01/18,14:40:35-20"
LUCES.ON
+CMGL: 4,'REC READ','+59394130504', '12/01/18,15:39:29-20"
LUCES.ON
+CMGL: 5,'REC READ','346605:', '12/01/21,17:40:27-20"
Aprovecha de la variedad de paquetes de mensajes escritos que CLARO te ofrece desde $1.12
+CMGL: 6,'REC READ','+6826', '12/02/11,09:29:55-20"
Actualiza los parametros de tu celular para que puedas disfrutar al maximo los servicios de movistar!
```

Figura 5.9. Comando para leer los mensajes guardados

De manera similar para la lectura de mensajes nuevos se utiliza el comando AT+CMGL="REC UNREAD", el cual hace lectura de los mensaje marcados como no leídos luego cuando el mensaje se ejecuta el comando el mensaje pasa a formar parte de la lista de mensaje leídos, este procedimiento se muestra en la figura 5.10.



Enviar el comando al modem

comando AT

El resultado de la ejecución del comando AT (si lo hay) aparecerá en "Resultado" (en la parte inferior)

Resultado


```
AT+CMGL="REC UNREAD"!\0
+CMGL: 20,'REC UNREAD','+59391521787', '12/01/18,14:49:31-11'
LUCES.ON
OK
```

*Figura 5.10. Comandos para leer mensajes no leídos y memoria de almacenamiento*

### 5.6.5 Borrado de mensajes almacenados

Para borrar un mensaje del modem, primero se debe seleccionar la memoria en donde se encuentra el mensaje, finalmente se usa el comando AT+CMGD para eliminar el mensaje.

AT+CMGD="memoria", permite eliminar los mensajes de una localidad cualesquiera del modem, por ejemplo: Con el comando AT+CPMS="ME" se selecciona la memoria donde está localizado el mensaje y luego con el comando y AT+CMGR=13, este procedimiento indica que se deberá borrar el mensaje de la posición 13 del buzón de mensajes guardados. En la figura 5.11 se indica el procedimiento, luego se procede a borrar como se muestra en la figura 5.12, posteriormente se verifica que efectivamente el mensaje se ha borrado como lo muestra la figura 5.13 cuando se recibe un error porque la posición de memoria está vacía.



Enviar el comando al modem

comando AT

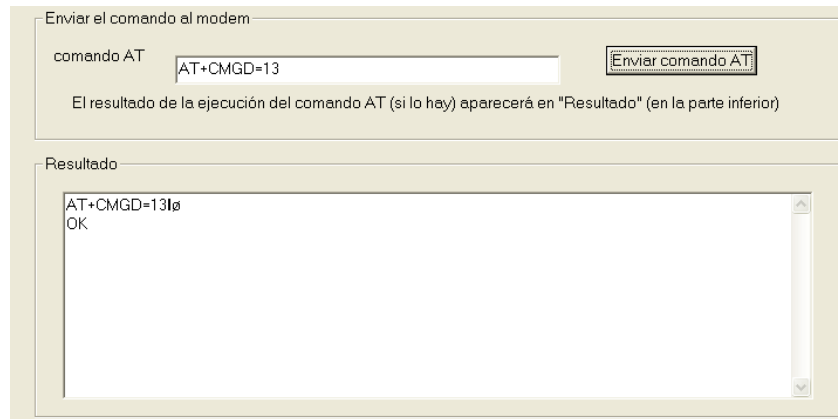
El resultado de la ejecución del comando AT (si lo hay) aparecerá en "Resultado" (en la parte inferior)

Resultado

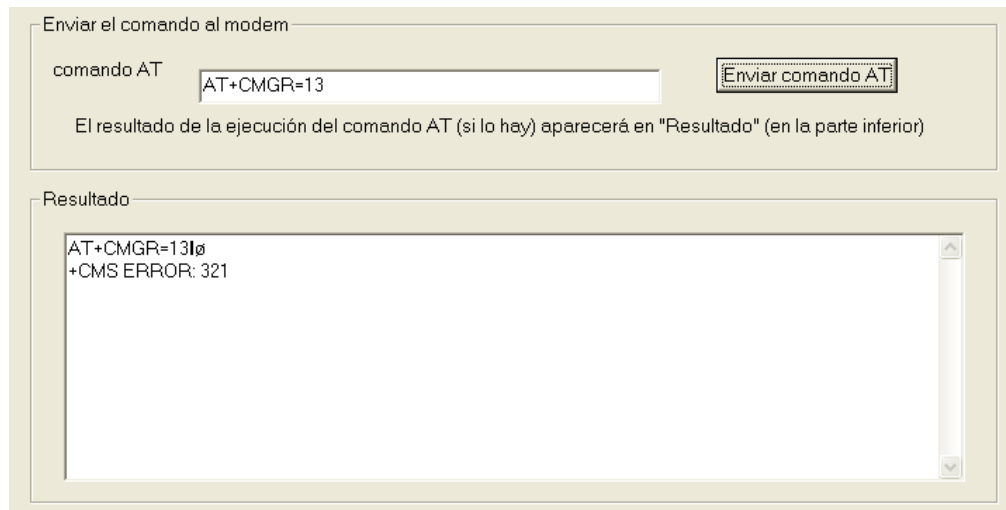
```
AT+CMGR=13!b
+CMGR: "REC READ","+4545",,"11/11/24,15:20:23-20"
Gracias por tu colaboracion, tus datos han sido registrados previamente.

OK
```

*Figura 5.11. Muestra el mensaje en la posición 13.*



*Figura 5.12 comando para borrar un mensaje.*

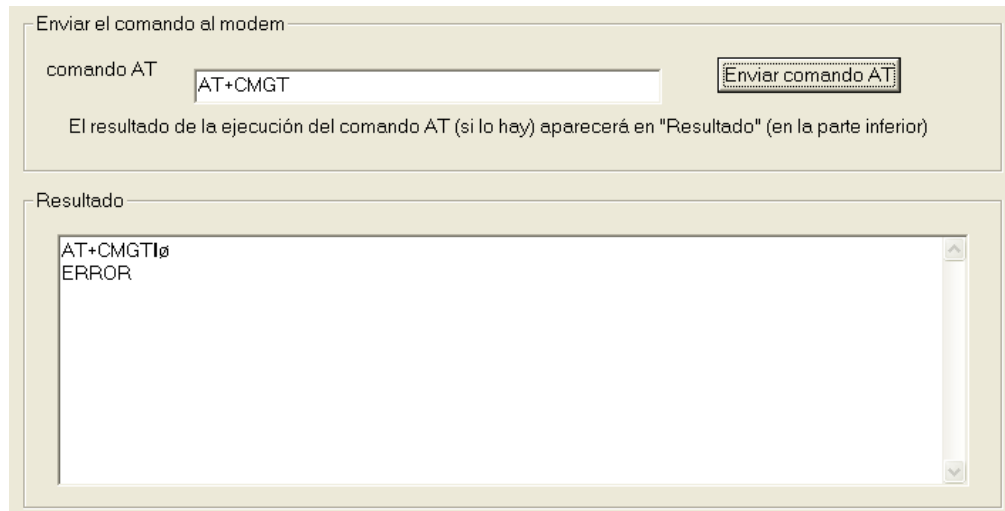


*Figura 5.13. Mensaje borrado de la posición de memoria*

### 5.6.6 Resultado por errores cometidos

Cuando se envía un comando cualesquiera que se a este desde el computador hacia el modem se obtendrá la respuesta del modem, esta respuesta será el código de resultado.

En este mensaje de resultado que envía el MODEM hacia el computador se puede verificar si el código fue aceptado o no caso contrario devolverá un mensaje de ERROR, el procedimiento se muestra en la figura 5.14.



*Figura 5.14. Resultado de error por un comando invalido*

Cuando el código de resultado recibido es OK significa que es comando es valido.

Cuando el código de resultado recibido es ERROR significa que el comando es inválido.

## 5.7 Funcionamiento del sistema

En la figura 5.15. se muestra el procedimiento de funcionamiento del sistema de alarma GSM el cual comprende:

- Etapa de transmisión: esta etapa está conformada por el teléfono móvil usado como modem con la capacidad de envio-recepcion de SMS.
- Etapa de recepción: está conformada por el teléfono móvil como receptor conectada a la etapa de control la cual es una PC, la misma que enviara los comandos hacia el modulo principal para el envío de comandos para realizar las diferentes ordenes con las que se puede configurar.

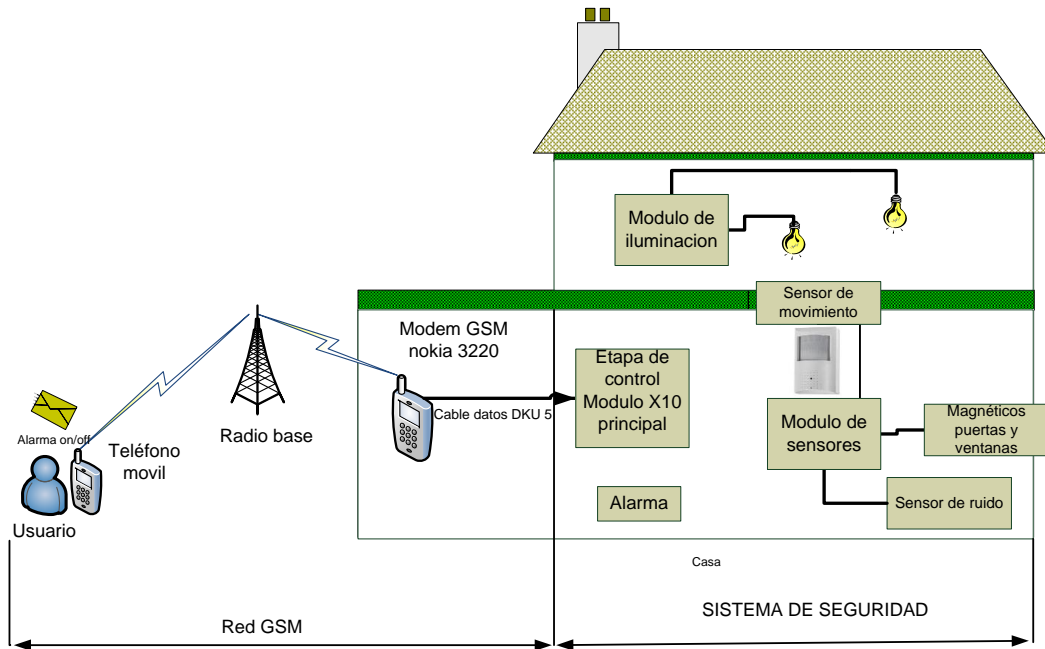


Figura 5.15. Esquema general del sistema

### 5.7.1 Aplicación en la etapa de control

La aplicación ha sido desarrollada para cubrir los requerimientos propuestos para el proyecto. El cual está compuesto por diferentes módulos actuadores los cuales serán los encargados de encender/apagar luces, además dar aviso sobre cualquier evento anormal como es cuando se activa un sensor o ha sido abierta una puerta, etc.

El método de comunicación entre los dispositivos de actuación correspondiente y del sistema de alarma es mediante el sistema X10 desarrollado, con el cual se enviarán los datos para acción de los diferentes dispositivos.

Los dispositivos que se tienen en consideración para el módulo de sensores son los siguientes.

- Sensor de movimiento
- Sensor de humo
- Magnéticos para las puertas
- Sensor de ruido para protección de ventanas

Todos ellos irán conectados a los PIC que estén encargados de capturar los estados de alto o bajo de los sensores respectivamente ya su vez enviar una señal





de alarma la cual se informara mediante un mensaje de texto. Las diferentes acciones que se llevaran a cabo se detallan en el capítulo 7.

## CAPITULO 6

### Utilitarios para el desarrollo del sistema

#### 6.1 Visual Basic

Visual Basic es un lenguaje de programación Visual Basic es un lenguaje de programación visual con el cual todas sus tareas se realizan mediante gráficos desarrollando una interface de usuario.. La palabra “visual” hace referencia al método utilizado para crear una interfaz gráfica de usuario (GUI). La palabra “Basic” hace referencia al lenguaje BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code).

Visual Basic es orientado al desarrollo de programas para Windows, este incorpora varios elementos para visualizar en este entorno informático.

##### 6 1.1 Componentes de un proyecto

Cuando se crea una aplicación, se comienza trabajando con un archivo de proyecto con el cual se puede administrar los diferentes archivos que se crean.

Cuando se crea un proyecto existen varios archivos asociados a él y estos se listan a continuación:

- Un archivo de proyecto tiene la extensión .vbp el que realiza el seguimiento de todos los archivos asociados.
- Un archivo asociado a cada formulario con extensión .frm
- Un archivo de datos binario que contiene las propiedades de los controles de cada formulario el que tiene una extensión .frx.

Un archivo de proyecto es una lista de todos los archivos involucrados en el proyecto.

Cuando se ha terminado el proyecto se puede convertir todos los archivos a un solo archivo ejecutable con extensión .exe, el cual se puede crear eligiendo el menú archivo la opción generar proyecto .exe.

### 6.1.2 Entorno de desarrollo de visual Basic

Al iniciar con un proyecto se presenta varias opciones de la cual se puede usar la opción EXE estándar como se muestra en la figura 6.1.



Figura 6.1. Opciones para comenzar con un proyecto

El entorno de trabajo de Visual Basic se denomina entorno integrado de desarrollo, IDE, ya que se integra varias funciones tales como diseño, modificación compilación y depuración en el mismo entorno.

Cuando se inicia Visual Basic se observa el entorno de trabajo como se muestra en la figura 6.2.

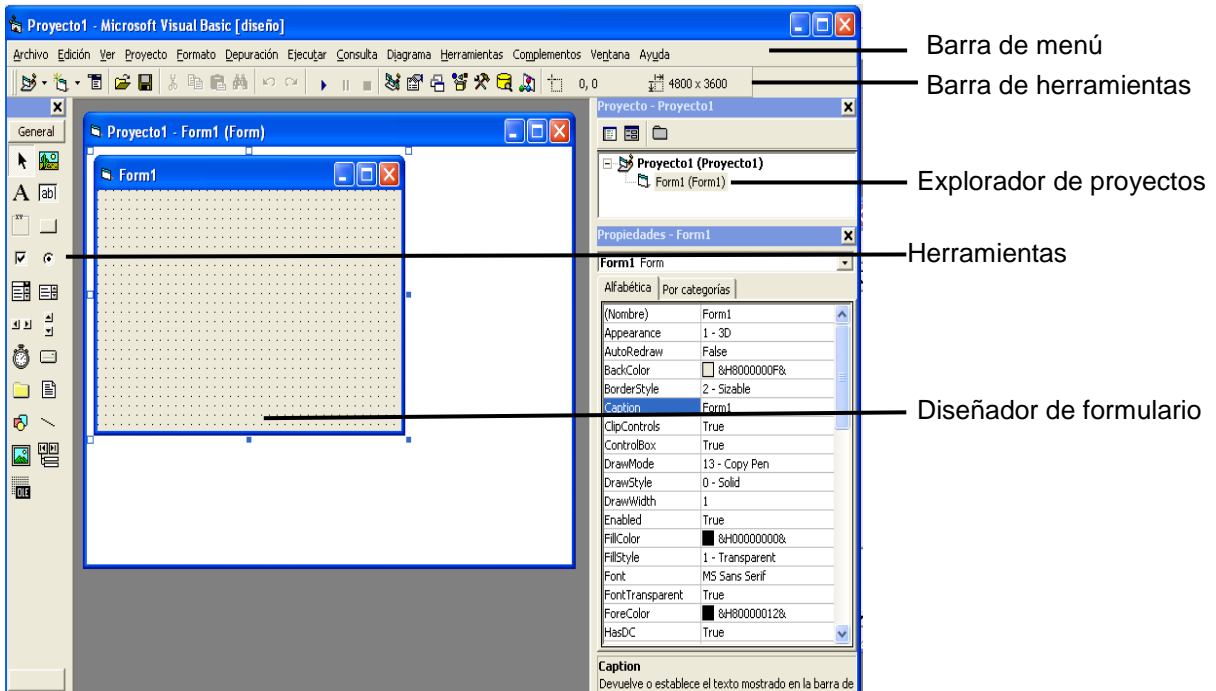


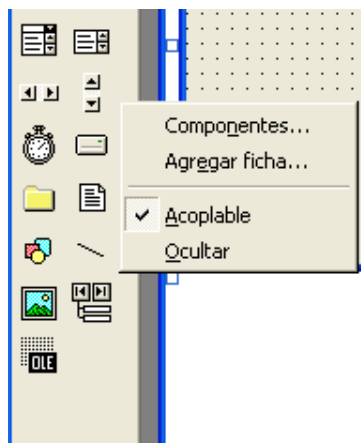
Figura 6.2. Entorno integrado de desarrollo de Visual Basic

### 6.1.2.1 Barra de menús

Aquí se presenta todos los comandos que se usan para trabajar, además los menús estándar de archivo edición y ayuda, también comandos de depuración.

### 6.1.2.2 Menús contextuales

La lista de opciones en el menú contextual depende de la parte del entorno en la que se hace clic con el botón derecho del *mouse* esto se muestra en la figura 6.3.





*Figura 6.3. Menús contextuales*

### **6.1.2.3 Barras de herramientas**

Proporciona un acceso rápido a los comandos usados en el entorno de programación. De forma predeterminada, al iniciar Visual Basic se presenta la barra de herramientas Estándar.

### **6.1.3 Cuadro de herramientas**

Proporciona herramientas que se usa durante el diseño para colocar varios controles en un formulario. Se puede crear un diseño personalizado al seleccionar *Agregar ficha* en el menú contextual.

### **6.1.4 Ventana Explorador de proyectos**

Muestra los formularios y módulos del proyecto actual.

### **6.1.5 Ventana Propiedades**

Muestra las propiedades del control o formulario seleccionado. Muestra las características del objeto, tales como, como su tamaño, título o color.

### **6.1.6 Diseñador de formularios**

En esta ventana es donde se puede crear la interface de usuario siendo totalmente personalizable.

Se puede agregar controles, imágenes, gráficos para crear la apariencia deseada.

### **6.1.7 Ventana Editor de código**

Es el lugar donde se puede escribir el código para la aplicación.

### **6.1.8 Ayuda durante la escritura del código**

Visual Basic contiene la suficiente documentación que brinda la ayuda necesaria para el desarrollo de aplicaciones, figura 6.4 el menú ayuda de Visual Basic visualizara una ventana de ayuda MSDN (Microsoft Developer Network).

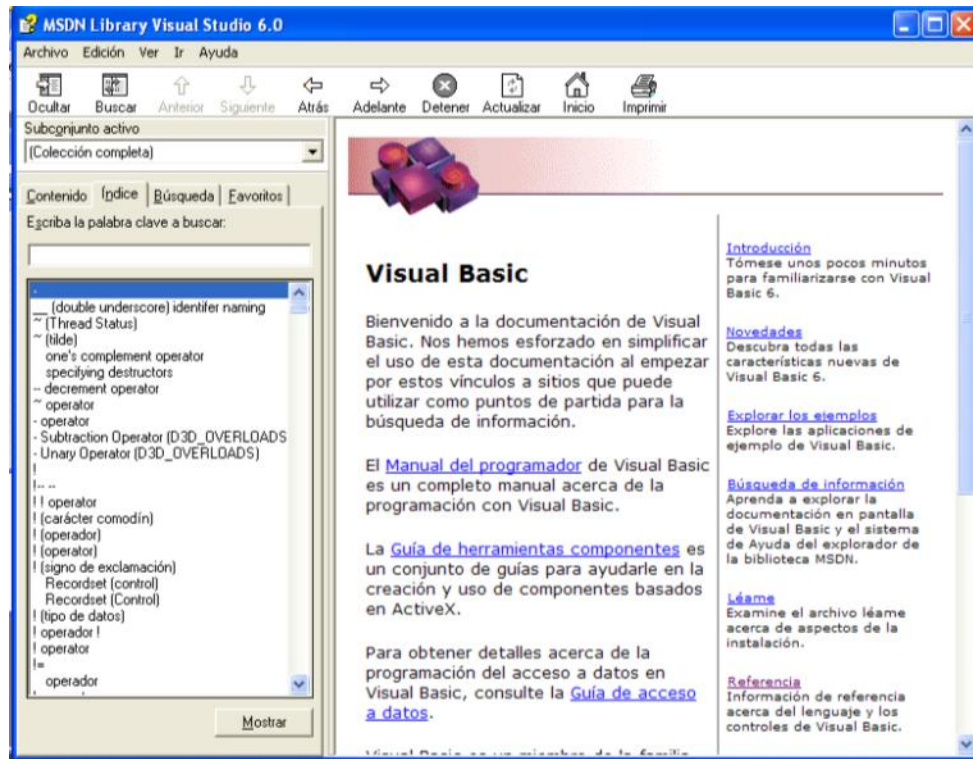


Figura 6.4. Ayuda de la librería MSDN

### 6.1.8.1 Ayuda interactiva

Mientras se escribe palabras clave, Visual Basic muestra la sintaxis correcta como se observa en la figura 6.5.

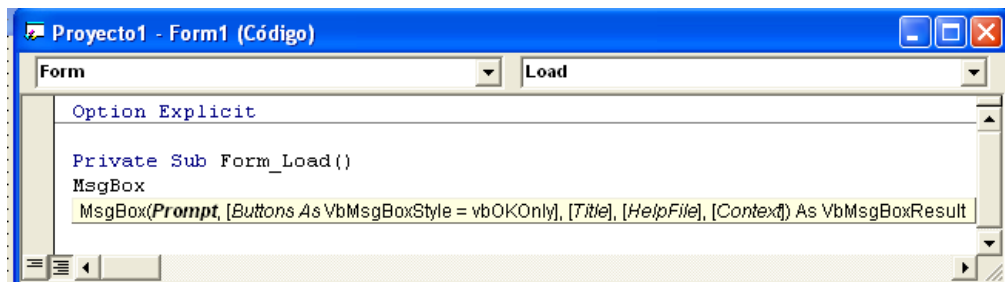


Figura 6.5. Sintaxis de un comando

También se tiene ayuda relativa a los objetos y sus diferentes propiedades como se muestra en la figura 6.6.

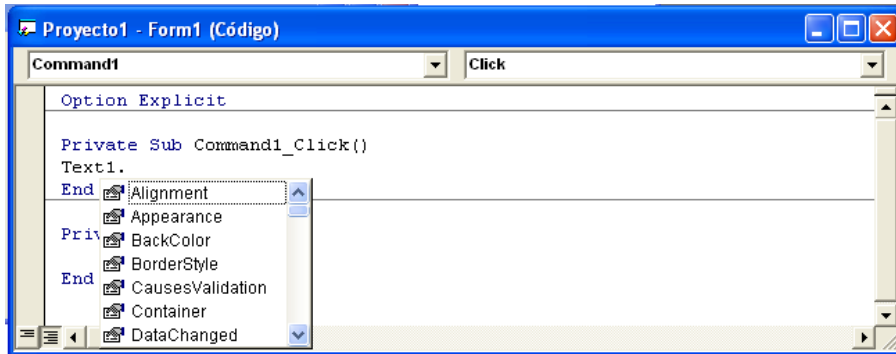


Figura 6.6. Ayuda relativa a objetos

### 6.1.9 Dibujar los controles

En Visual Basic se dispone de dos tipos de objetos: ventanas y controles, sobre un formulario se dibuja los elementos utilizados para comunicarse con la aplicación. Los elementos son controles tales como objetos, que permiten la entrada o salida de datos; por ejemplo, cajas de texto, botones, listas y temporizadores. En el formulario incluido todos los controles son los que forman la interface de usuario, siendo el medio de comunicación para la aplicación.

Para colocar un control a un formulario se usa el panel de herramientas que se muestra en la figura 6.7.

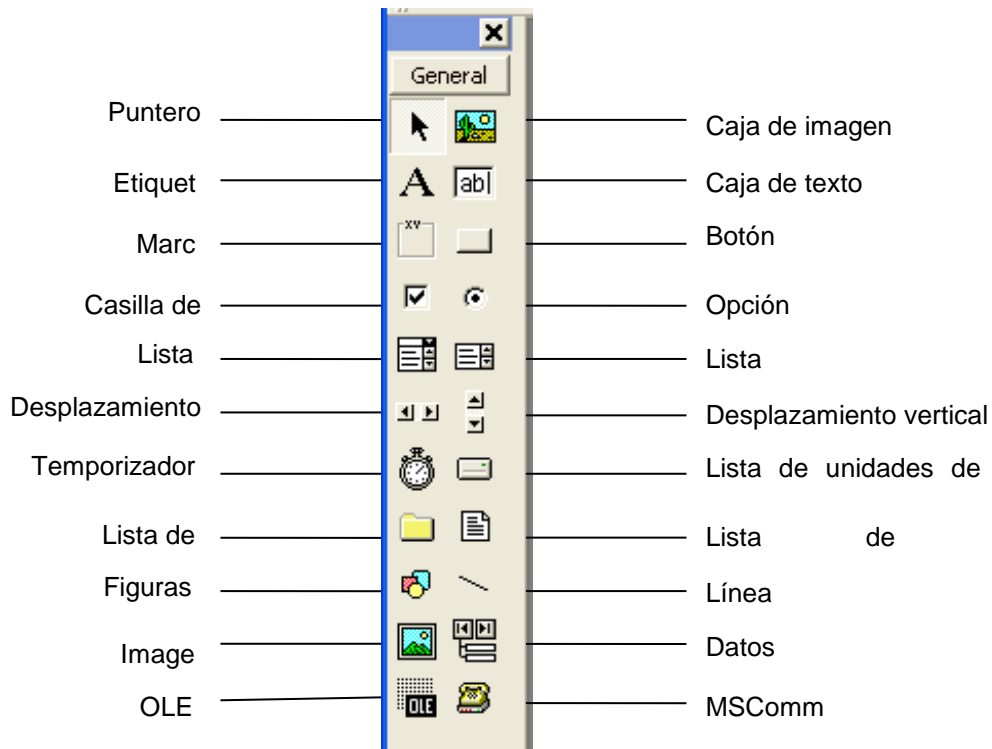


Figura 6.7. Controles










### 6.1.9.1 Categorías de controles

Hay tres categorías de controles en Visual Basic:

- **Controles intrínsecos**, todos los controles intrínsecos se encuentran en el panel de herramientas, los ActiveX y otros objetos insertables se pueden quitar o agregar al panel de herramientas.
- **Controles ActiveX**, son archivos independientes con extensión .ocx..
- **Objetos insertables**, se puede insertar un objeto *Worksheet* de Microsoft Excel, o un grafico para personalizar el proyecto estos objetos se puede insertar al panel de herramientas de Visual Basic.

### 6.1.9.2 Controles intrínsecos

En la tabla 6.1 se tiene los controles intrínsecos del panel de herramientas de Visual Basic.

Icono	Nombre de control	Nombre de clase	Descripción
	Casilla de verificación	CheckBox	Presenta una opción de tipo Verdadero o Falso, o Sí o No. Puede activar varias casillas de verificación al mismo tiempo.
	Cuadro combinado	ComboBox	Combina un cuadro de texto y un cuadro de lista. Permite que el usuario escriba una selección o seleccione un elemento de la lista desplegable.
	Botón de comando	CommandButton	Ejecuta un comando o una acción cuando un usuario hace clic en él.
	Datos	Data	Permite conectar con una base de datos existente y presentar información de ella en formularios.
	Cuadro de lista de directorios	DirListBox	Presenta directorios y rutas de acceso, y permite que el usuario los seleccione.
	Cuadro de lista de unidades	DriveListBox	Presenta unidades de disco válidas y permite que el usuario las seleccione.
	Cuadro de lista de archivos	FileListBox	Presenta una lista de archivos y permite que el usuario los seleccione.
	Marco	Frame	Proporciona un contenedor visual y funcional para otros controles.
	Barras de desplazamiento horizontal y vertical	HScrollBar y VScrollBar	Permite que un usuario agregue barras de desplazamiento a controles que no las tienen de forma automática. (No son las barras de desplazamiento incorporadas que se incluyen en muchos











			controles.)
	Imagen	Image	Presenta mapas de bits, iconos o metarchivos de Windows, archivos JPEG o GIF, y actúa como un botón de comando cuando se hace clic en él.
	Etiqueta	Label	Presenta texto con el que el usuario no puede interactuar ni modificar.
	Línea	Line	Agrega un segmento de línea recta a un formulario.
	Cuadro de lista	ListBox	Presenta una lista de elementos entre los que el usuario puede elegir.
	Contenedor OLE	OLE	Incrusta datos en una aplicación de Visual Basic. Se utiliza para presentar y manipular datos de otras aplicaciones de Windows, como Microsoft Excel y Microsoft Word.
	Botón de opción	OptionButton	El control OptionButton, como parte de un grupo de opciones con otros botones de opción, presenta varias opciones entre las que el usuario sólo puede elegir una.
	Cuadro de imagen	PictureBox	Presenta mapas de bits, iconos o metarchivos de Windows, archivos JPEG o GIF. También presenta texto o actúa como contenedor visual para otros controles.
	Forma	Shape	Agrega un rectángulo, un cuadrado, una elipse o un círculo a un formulario, marco o cuadro de imagen.
	Cuadro de texto	TextBox	Proporciona un área para escribir o presentar texto.
	Temporizador	Timer	Ejecuta eventos periódicos a intervalos de tiempo especificados.

Tabla 6.1. Controles intrínsecos de Visual Basic<sup>56</sup>

<sup>56</sup>Referencia:

[http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/electrica/2\\_anio/fundamentos\\_informatica/apuntes/visual\\_basico/creacion%20aplicacion.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/electrica/2_anio/fundamentos_informatica/apuntes/visual_basico/creacion%20aplicacion.pdf)





## 6.1.10 Descripción de los principales controles de Visual Basic 6.0

### 6.1.10.1 El control de comunicaciones MSCOMM

Con el control de comunicaciones se puede realizar transmisiones y recepciones de datos a través del puerto serie. Cada control se puede usar para el control de un puerto serie y si es necesario usar mas puerto serie es necesario agregar un control adicional.

La lista de propiedades del control del puerto serie son muchas para aplicaciones de transmisión y recepción de datos se usa los siguientes comandos:

*CommPort*: Determina el número de puerto serie a usar.

*Settings*: Determina los parámetros de la comunicación (velocidad, paridad, bits de datos y bits de parada).

*PortOpen*: Permite abrir o cerrar el puerto serie que este definido con CommPort

*Input*: Lee los caracteres del buffer receptor.

*Output*: Escribe una cadena de caracteres en el buffer del transmisor.

El control de MSComm no se encuentra mostrado en el panel de herramientas, para agregarlo se hace clic derecho en el panel de herramientas, luego elegir la opción de componentes, esto hará que se muestre un listado de componentes en donde se puede elegir los componentes deseados, luego marcar el componente y se mostrara en el panel de herramientas para este caso se debe marcar el componente el componente Microsoft Comm Control 6.0 que se muestra en la figura 6.8.

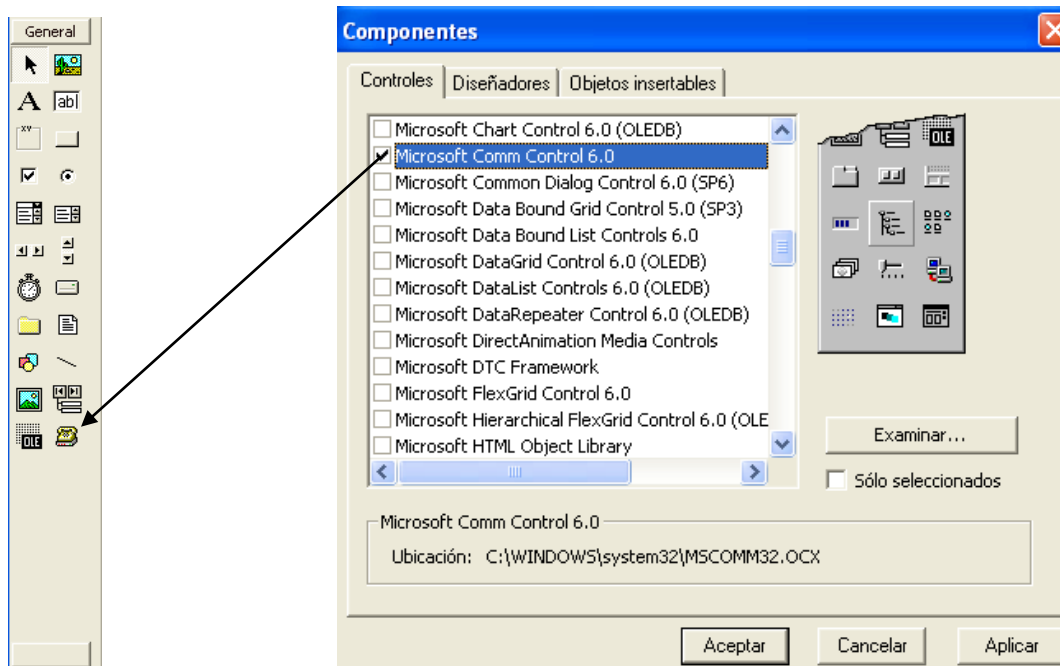


Figura 6.8. Selección del control comm control 6.0.

## 6.1.11 Descripciones de los controles

### 6.1.11.1 Botón de comando (Command Button)

El botón de comando se lo usa para llevar a cabo una acción, para iniciar o detener un proceso, se lo puede usar las veces que sea necesario.

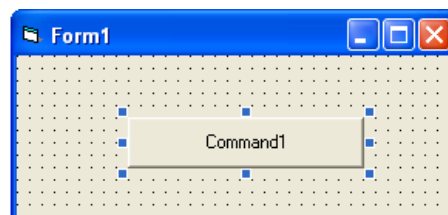


Figura 6.9. Botón de comando.

### 6.1.11.2 Cuadro de texto (Text Box)

Esta es un área reservada para escribir un texto o presentar los datos recibidos desde el puerto serie si es que existen datos en el buffer de recepción, este control se presenta en la figura 6.10.

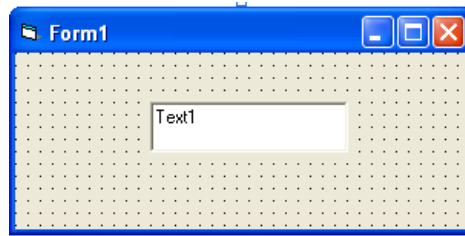


Figura 6.10. Presentación de la caja de texto.

### 6.1.11.3 Etiquetas (Labels)

Las etiquetas solamente presentan un texto en el cual no es útil para realizar acciones por parte del usuario.

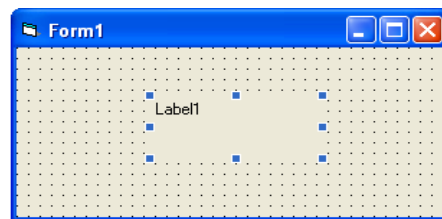


Figura 6.11. Etiqueta.

### 6.1.11.4 Botones de opción (Option Button)

Sirva para seleccionar que acciones se debe llevar a cabo cuando a sido seleccionada la opción caso contrario no habrá efecto alguno en el transcurso del programa.

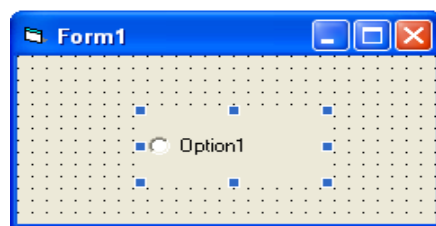


Figura 6.12. Presentación del botón de opción.

### 6.1.11.5 Caja de selección (Check Box)

Este control permite seleccionar una o más opciones para la ejecución del programa, de manera que se tendrá efecto cuando la opción este seleccionada.

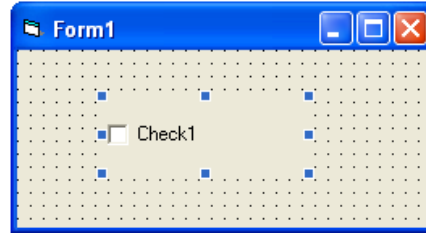


Figura 6.13. Presentación de la caja de selección.

#### 6.1.11.6 Barra de desplazamiento (Scroll Bars)

La barra de desplazamiento devuelve un valor dependiendo de la posición el valor máximo es de 255 y su valor mínimo 0. Estos valores se los puede usar en otras aplicaciones. Las barras de desplazamiento pueden ser horizontales o verticales pero tienen la misma función.

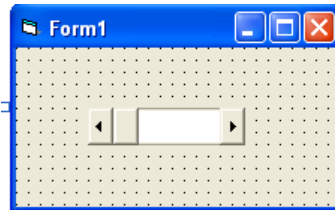


Figura 6.14. Presentación de la barra de desplazamiento.

#### 6.1.11.7 Caja de lista (List Box)

La caja de lista puede tener una línea o más donde se registran algunos eventos. Si el texto sobrepasa el tamaño de la lista automáticamente aparece una barra de desplazamiento.

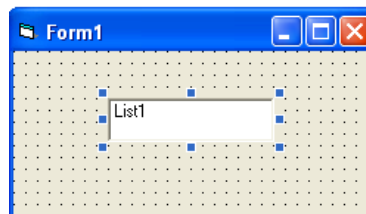


Figura 6.15. Presentación de la caja de lista.

#### 6.1.11.8 Combo Box

En este control se puede hacer una lista de elementos que pueden ser seleccionados cuando se coloca el ratón sobre la flecha que apunta hacia abajo para desplegar la lista de elementos de selección, una vez hecha la selección las demás se ocultan automáticamente.

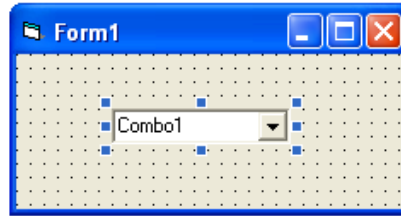


Figura 6.16. Presentación de la caja combinada.

#### 6.1.11.9 Marco (Frame)

Sirve para agrupar varios controles que se desee, su funcionamiento es fácil primero se coloca el marco luego los elementos que se desee que vayan dentro.

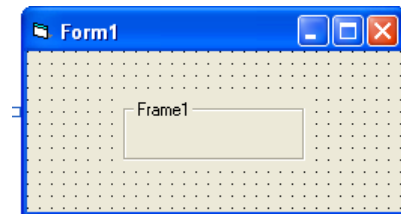


Figura 6.17. Presentación del control Frame.

#### 6.1.11.10 Control Timer

Este control es un temporizador se puede definir el tiempo para realizar una acción, el intervalo de tiempo se lo puede cambiar en función de las necesidades para realizar diferentes acciones. Los valores que se ingresen deben escribir en milisegundos.

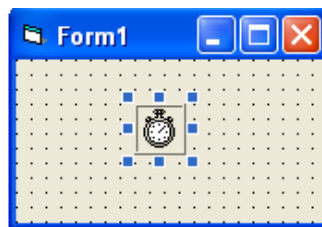


Figura 6.18. Presentación del control Timer.

## 6.2. Descripción del lenguaje de programación para PICs CCS 4.114

El compilador C de CCS ha sido desarrollado específicamente para PICs para obtener la máxima optimización con estos dispositivos. El compilador dispone de una amplia librería de funciones predefinidas e incluye varios ejemplos

El compilador CCS es C estándar además incluye directivas estándar *include* y directivas específicas *include* para incluir el tipo de PIC Además se suministra un editor que permite controlar la sintaxis del programa.

## 6.2.1 Crear un nuevo proyecto

### 6.2.1.1 Estructura de un programa

Para escribir un programa en C con el CCS se deben tener en cuenta varios elementos básicos de la estructura del programa, figura 6,19.

Las directivas de preprocesado controlan la conversión del programa a código de máquina por parte del compilador

Los programas o funciones son un conjunto de instrucciones. Puede haber uno o varios; pero debe haber uno definido como principal mediante la inclusión de la llamada `main()`.

Las instrucciones indican el comportamiento del PIC en todo momento y comentarios permiten describir lo que significa cada línea de programa.

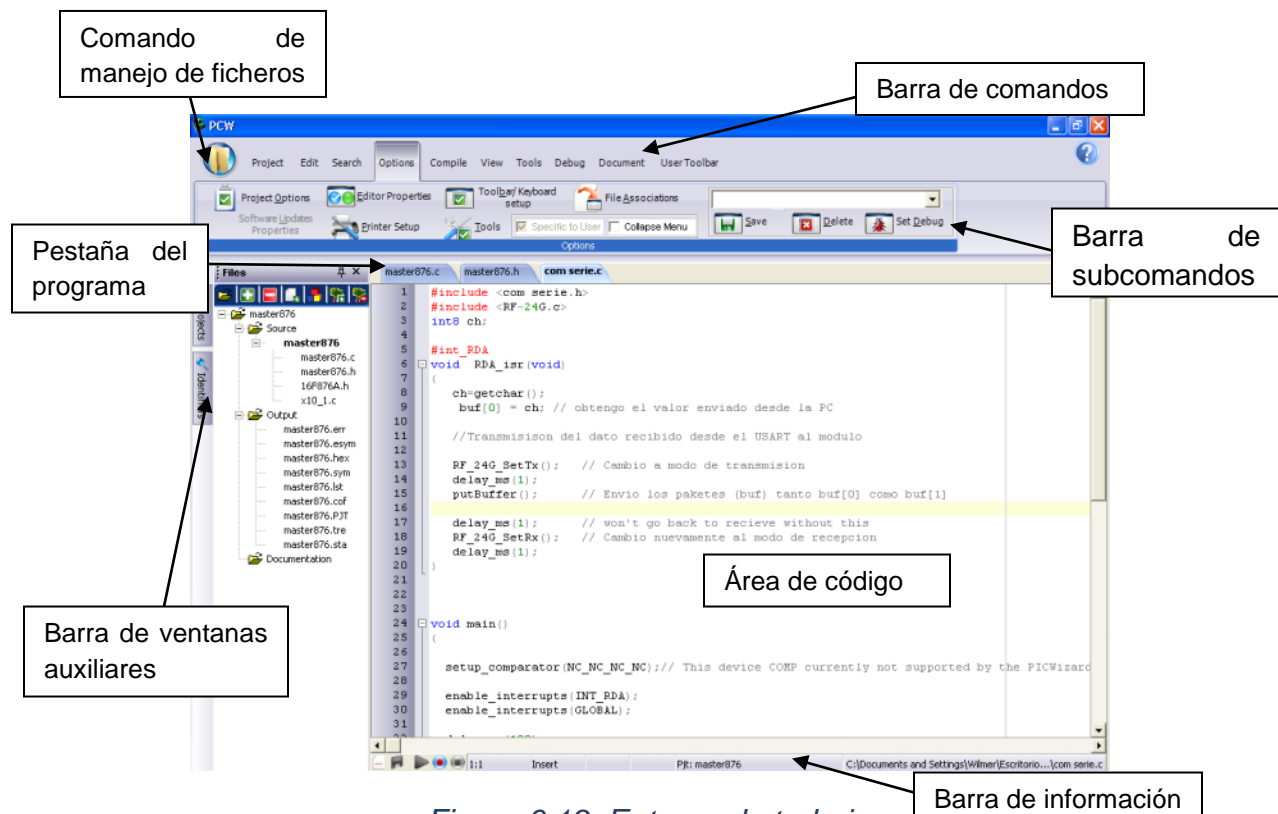


Figura 6.19. Entorno de trabajo

## 6.2.2 Tipos de ficheros

Todos los ficheros de salida que maneja el compilador son de 8, 16 bits y binarios Las extensiones de los ficheros más habituales son:

- .c: son los ficheros fuente que contiene el código en lenguaje c.
- .h: son ficheros de cabecera estándar creados por el usuario y permiten definir algunos pines del PIC, registros, funciones, etc.
- .pjt: fichero de proyecto; contiene toda la información relacionada con el proyecto.
- .lst: muestra un listado con el código C y el código ensamblador asociado para cada línea de código.
- .sym: muestra las posiciones y valores de los registros y las variables de programa.
- .sta: muestra una estadística de la utilización de la RAM, ROM y la pila.
- .tre: muestra un árbol de programa donde se especifican las funciones y sus llamadas, con la ROM y la ROM usada en cada una de ellas.
- .hex: fichero estándar para la programación del PIC.
- .cof: fichero binario que incluye el código de máquina y la información para la depuración correspondiente.

### 6.2.3 Entorno de trabajo de CCS C compiler

El entorno de trabajo del CCS en PCW Y PCWH permite compilar y brinda una gran cantidad de herramientas auxiliares . En la figura 6.20 se muestra los elementos básicos del entorno de trabajo. Existen dos formas de iniciar una sesión las cuales son abriendo un fichero con el código fuente o abriendo desde un fichero de proyecto.

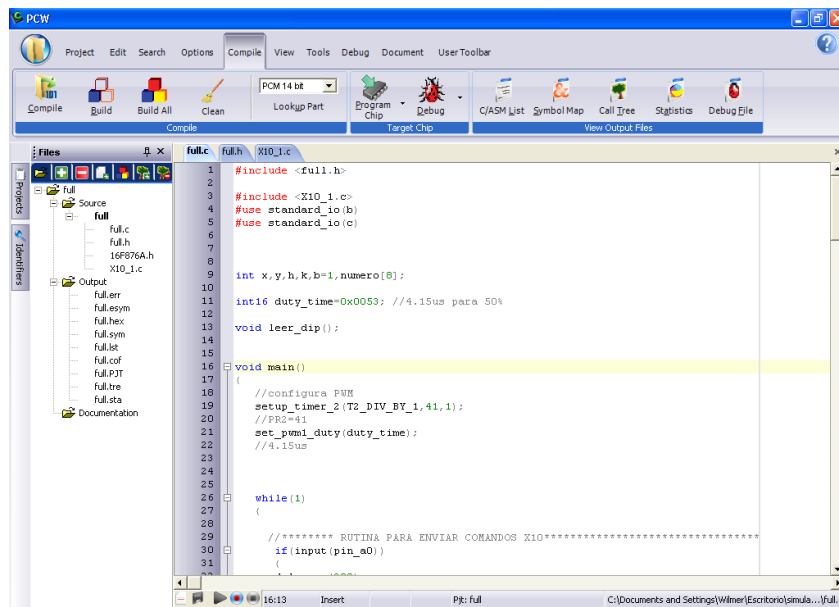


Figura 6.20. Entorno de trabajo

para abrir un fichero directamente se hace clic sobre el icono de manejo de ficheros, figura 6.21, luego se muestra un menú donde se puede crear, abrir o guardar ficheros, con el comando new se crea un fichero fuente, un fichero RTF o un fichero de diagrama de flujo.

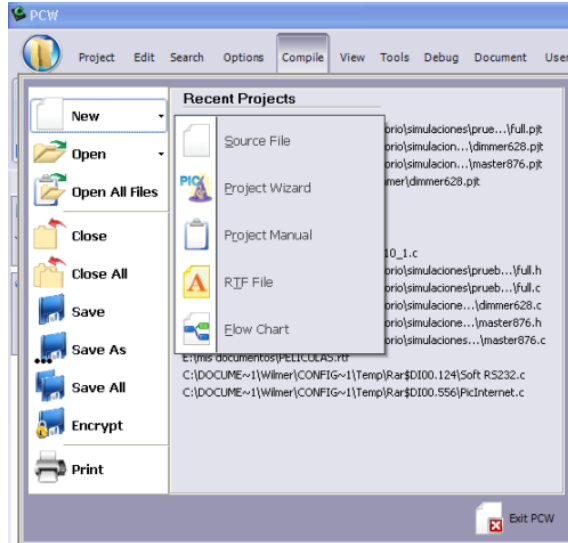


Figura 6.21. Los menús para manejo de ficheros

Cuando se selecciona la opción new/source file, se coloca el nombre del nuevo fichero y crea una nueva ventana como se muestra en la figura 6.22 donde ya se puede empezar a escribir el programa.

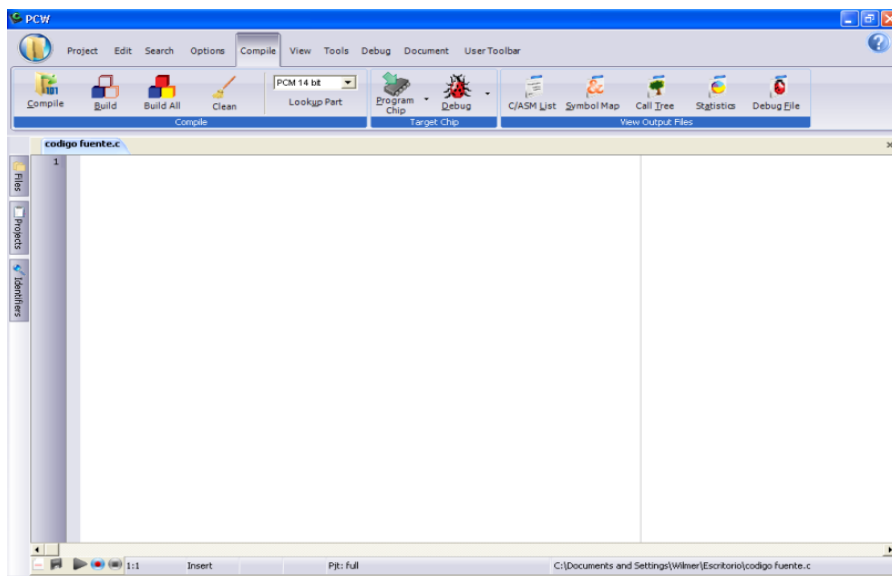


Figura 6.22. Entorno de trabajo vacío listo para empezar escribir el programa



Cuando se ejecuta el comando PROJECT WIZARD, luego de escribir el nombre del nuevo proyecto aparece una ventana de configuración con dos pestañas, una para configurar las distintas opciones que se muestran en la figura 6.23 y la otra pestaña es en donde se muestra el código resultante de la configuración, figura 6.24 después de recorrer las distintas funciones necesarias para el proyecto se llega al tener el código de configuración deseado esto se muestra en la figura 6.25, y posteriormente se podrá empezar a escribir el código de programa se debe observar que se incluye la cabecera \*.h en donde se encuentra la configuración del dispositivo figura 6.26.

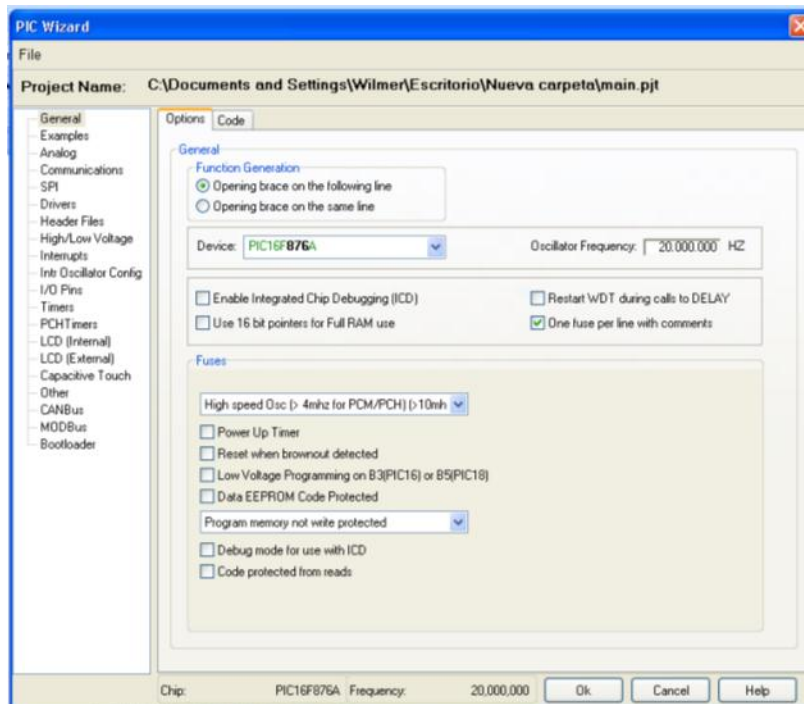


Figura 6.23. Ventana de configuración de opciones

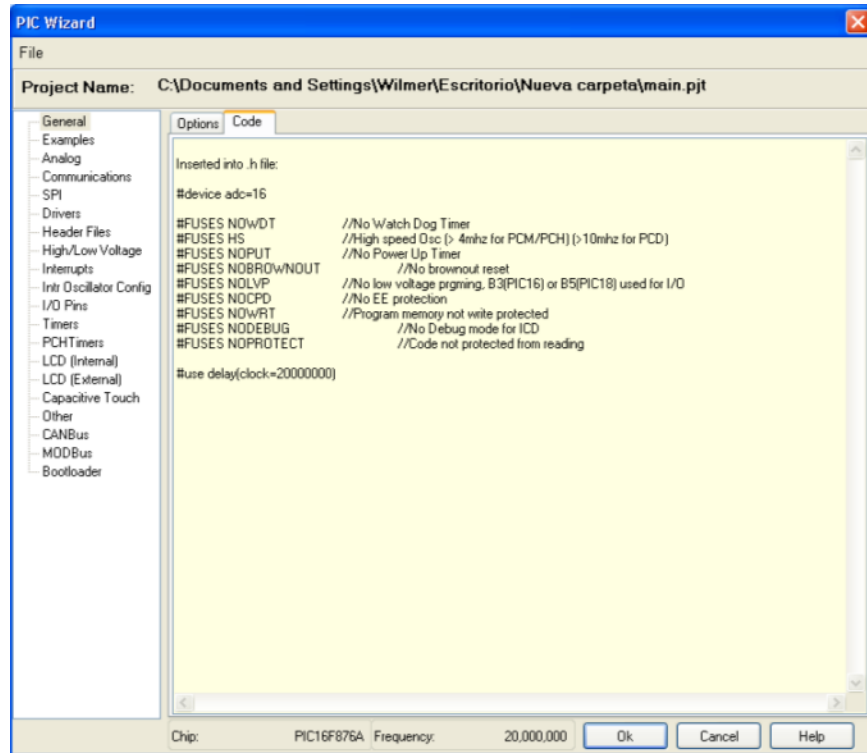


Figura 6.24. Ventana de configuración con el código resultante

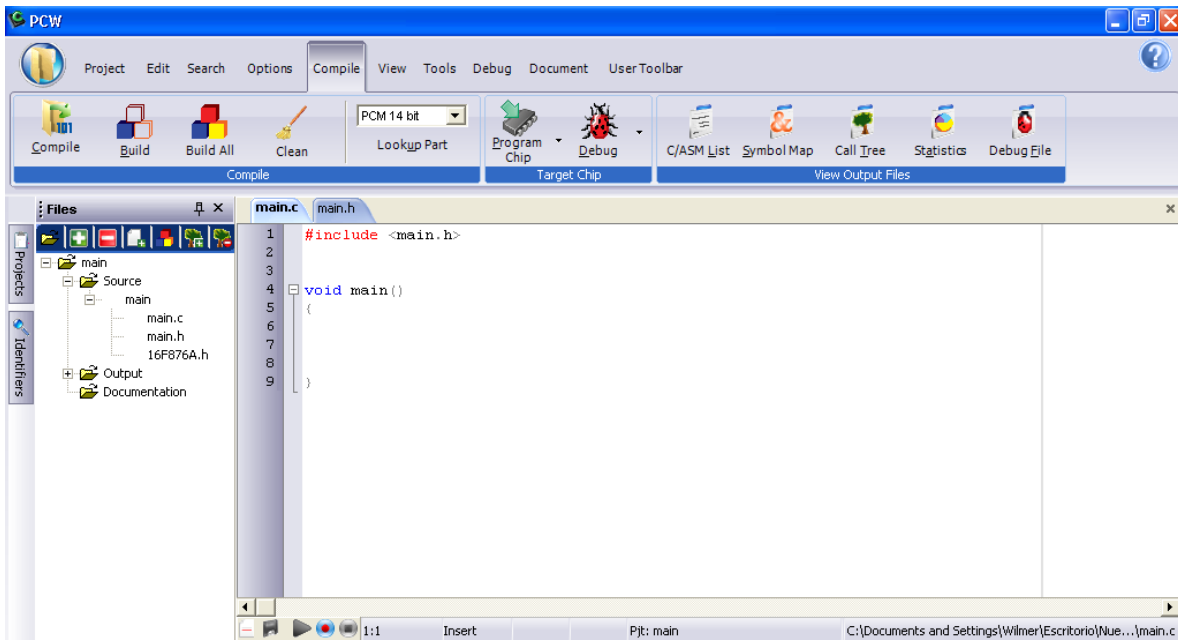


Figura 6.25. El código después de la configuración

```
1 #include <16F876A.h>
2 #device adc=16
3
4 #FUSES NOWDT           //No Watch Dog Timer
5 #FUSES HS              //High speed Osc (> 4mhz for PCM/PCH) (>10mhz for PCD)
6 #FUSES NOPUT          //No Power Up Timer
7 #FUSES NOBROWNOUT     //No brownout reset
8 #FUSES NOLVP          //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O
9 #FUSES NOCPD          //No EE protection
10 #FUSES NOWRT          //Program memory not write protected
11 #FUSES NODEBUG        //No Debug mode for ICD
12 #FUSES NOPROTECT      //Code not protected from reading
13
14 #use delay(clock=2000000)
15 #use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8,stream=PORT1)
16
```

Figura 6.26. El fichero de cabecera con la configuración del PIC

### 6.2.4 Opciones para los proyectos

Al escribir el programa como se muestra en la figura 6.27 se observa que aparece un árbol de funciones a la izquierda del editor de programa, esto permite expandir o contraer las funciones y declaraciones de control para mejorara la visualización de los programas complejos contrayendo solo esos segmentos de programa.

```
13 void leer_dip();
14
15
16 void main()
17 {
18     //configura PWM
19     setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,41,1);
20     //PR2=41
21     set_pwm1_duty(duty_time);
22     //4.15us
23
24
25
26     while(1)
27     {
28
29         //***** RUTINA PARA ENVIAR COMANDOS X10*****
30         if(input(pin_a0))
31         {
32             delay_ms(200);
33             leer_dip(); //se obtiene los valores de x=house_code; y=key_code
34
35             output_high(pin_b7);
36             x10_write(x,y); //escribe el valor de x=house_code; y=key_code
37             output_low(pin_b7);
38         }
39     }
```

Figura 6.27. El editor de programa

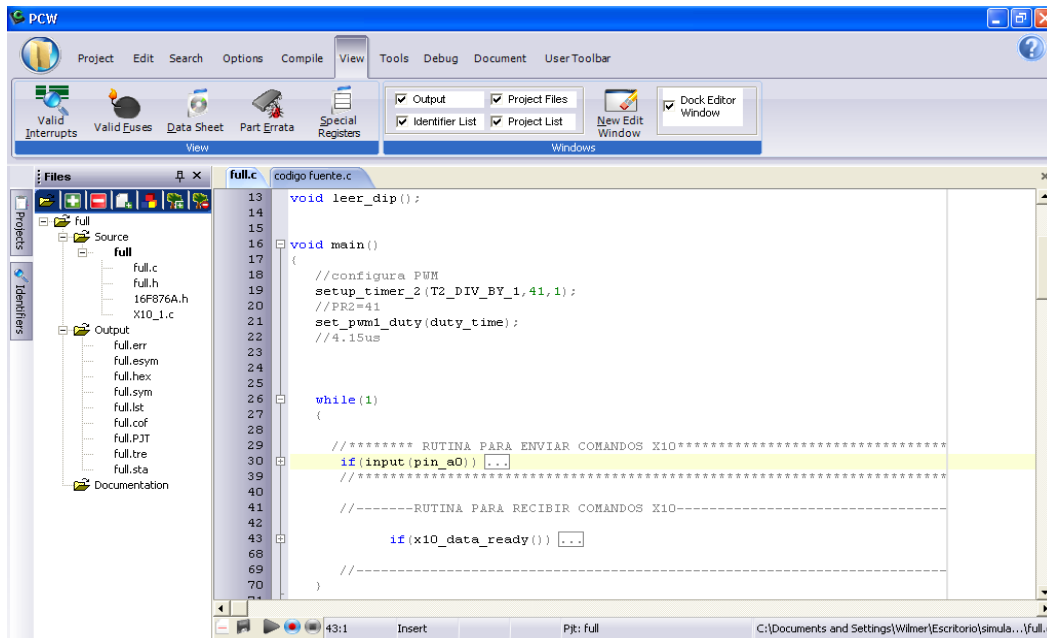


Figura 6.28. Contrayendo el árbol.

Como ayuda para escribir el programa el programa CCS ofrece el comando VIEW se muestra en la figura 6. 29 el mismo que permite visualizar las interrupciones, fusibles de configuración y otra ventana donde se describe el PIC mediante distintas pestañas

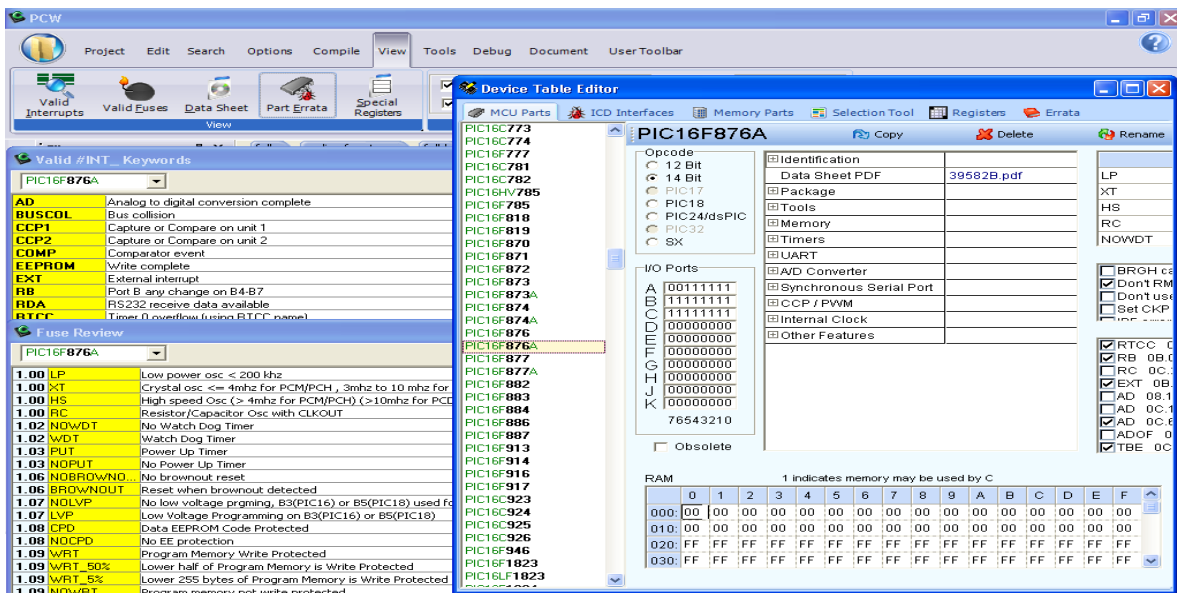


Figura 6.29. Comando view

Para proceder a la compilación se puede hacer desde el botón COMPILER. Durante el proceso de compilación aparece una ventana donde se informa sobre el proceso de compilación, el porcentaje de utilización de memoria RAM y ROM y si hay errores se presenta de inmediato al finalizar el proceso, esto se muestra en la figura 6.30

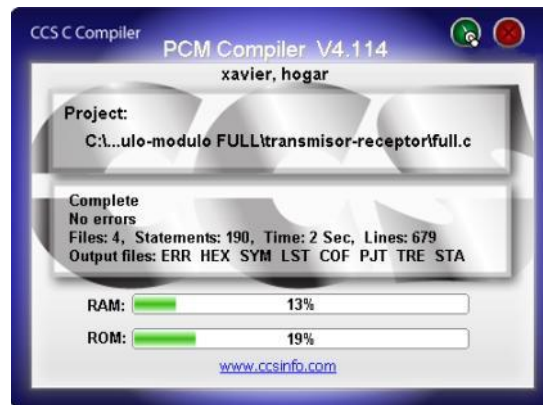


Figura 6.30. Ventana de compilación

Luego de la compilación se obtiene, entre otros ficheros, el fichero hex para programar o simular el PIC. En options/proyect option/output files, se pueden configurar los ficheros de salida como se muestra en la figura 6.31.

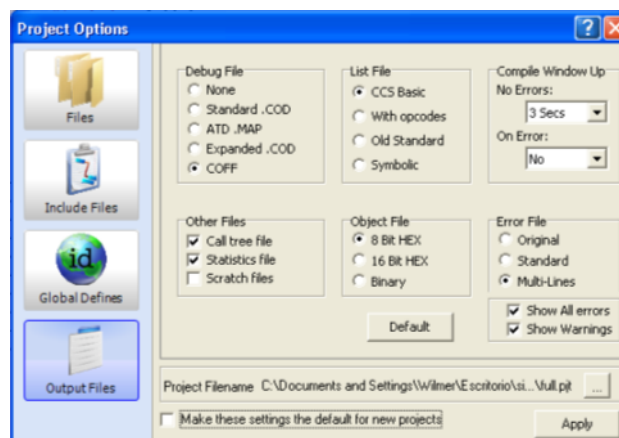


Figura 6.31. Ficheros de salida

En la parte izquierda del fichero fuente aparecen ventanas auxiliares “projects identifiers, files “ en donde se puede observar la estructura del fichero de

programa que se ha compilado, como se muestra en la figura 6.32 haciendo clic en cualquiera de ellos se abre una pestaña con su contenido.

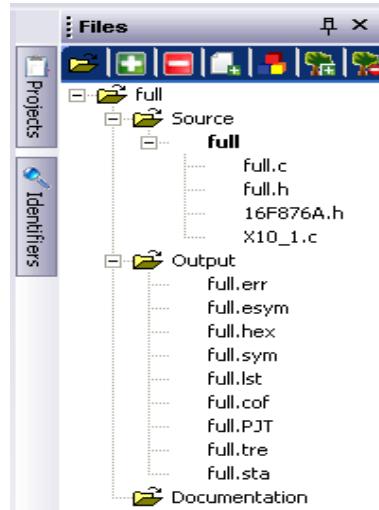


Figura 6.32. Ventana auxiliar para ficheros

### 6.3. EAGLE

CadSoft EAGLE (Easily Aplicable Graphical Layout Editor) es un programa que permite el desarrollo de circuitos impresos.

#### 6.3.1 Características de Eagle **General**

- Área máxima de dibujo 1.625 x 1.625 mm (64 x 64 pulgadas)
- Resolución 1/10.000 mm (0.1 micras)
- Rejilla en mm o en pulgadas
- Hasta 255 capas a colores definidos por el usuario
- Edición de librerías sencilla
- Visor de librerías con funciones de búsqueda
- Distinción entre las características de una misma familia (p. e. 74L00, 74LS00)
- Funciones Arrastrar (*Drag*) y Colocar (*Drop*) en el Panel de Control

#### Editor de Placas

- Soporte completo en SMD
- Soporte completo en multicapas (16 capas de señales)
- Comprobación de las reglas de diseño para placas (p. e. traslapas, medidas de pistas o líneas de conexión)
- Conductores de cobre (para conexión a masa)
- Soporte en variedad de encapsulados



### **Módulo Esquemático**

- Hasta 99 hojas por esquema
- Posibilidad de trabajar alternativamente con el esquema y con la placa
- Generación automática de la placa
- Generación automática de las señales de alimentación
- Verificación Eléctrica (se verifican errores entre los esquemas eléctricos y de líneas de conexión)

### **Módulo Autoruter**

- Totalmente integrado en el programa básico
- Utilización de las Reglas de Diseño de líneas de conexión
- Cambio del modo manual al automático en cualquier instante
- Estrategia de los factores de costo definida por el usuario
- Rejilla de dibujo mínima de 0,02 mm.
- Sin restricciones de posicionado
- Hasta 16 capas de señales (con direcciones preferidas definibles por el usuario)
- Hasta 14 capas con alimentación
- Toma en consideración de los distintos tipos de señales (ancho de línea de conexión, distancias mínimas)

#### **6.3.2 Panel de control**

Al iniciar EAGLE aparecerá el Panel de Control desde donde se podrán abrir y guardar proyectos así como configurar distintos parámetros del programa esto se muestra en la figura 6.33.

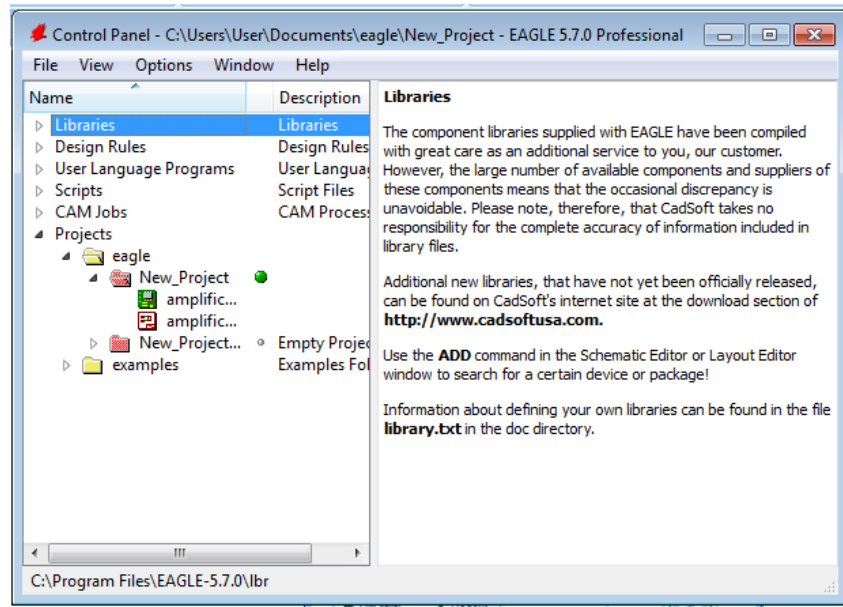


Figura 6.33. Panel de Control Panel: Vista de los contenidos de la librería

En el panel de control de Eagle se puede observar rápidamente todas las librerías. Con un clic en una de las librerías se despliega el contenido para ver todos sus elementos, y la selección de uno de ellos presenta la descripción del elemento..

### 6.3.3 Archivos de EAGLE

En la tabla 6.2 se presenta las extensiones de los archivos más importantes con los que se trabaja en un proyecto.

Tipo	Ventana	Extensión
Placa	Editor de líneas de conexión	*.brd
Esquema	Editor de esquemas	*.sch
Librería	Editor de librerías	*.lbr
Fichero Script	Editor de textos	*.scr

Tabla 6.2. Listado de tipos de archivo

### 6.3.4 Biblioteca General

Cuando se busca un elemento en la librería se puede ver lagunas de las características de cada dispositivo.



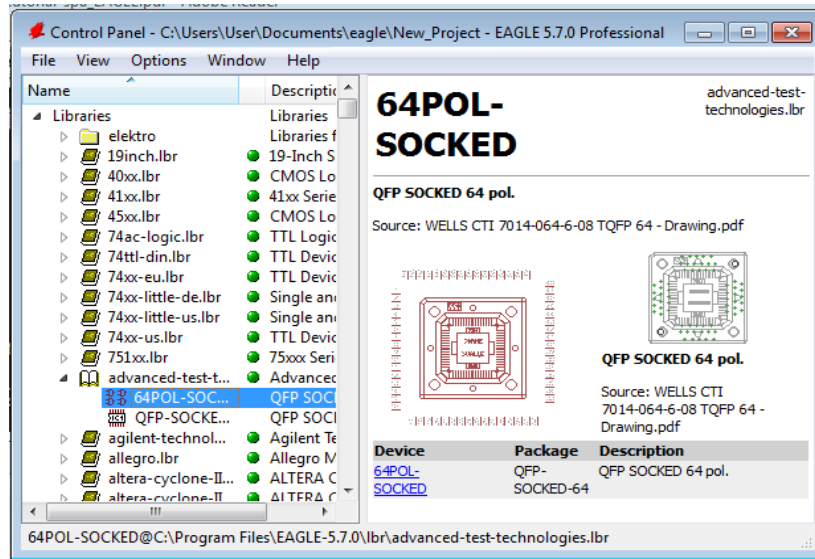


Figura 6.34. Library Summary

### 6.3.5 Design Rules

En “Design rules” se puede definir todos los parámetros que se deberá seguir para el diseño del circuito impreso. Algunas de las reglas de diseño puede ser modificados mediante el cuadro de dialogo de reglas de diseño para ajustar algunos de los valores de acuerdo a los requerimientos de diseño como se muestra en la figura 6.35. Las opciones de reglas de diseño muestra varias opciones modificables, en las diferentes pestañas se encuentran las diferente opciones tales como: **File:** muestra la descripción del diseño actual y permite cargar un archivo con las reglas de diseño que se haya guardado previamente. **Layers:** se especifica el número de capas de que se puede usar.

**Clearance:** muestra la distancia mínima entre pistas y agujeros. **Distance:** permite definir la distancia entre el borde de la placa con las pistas y agujeros. **Sizes:** permite definir el ancho mínimo de la pista de cobre y el diámetro de los agujeros.

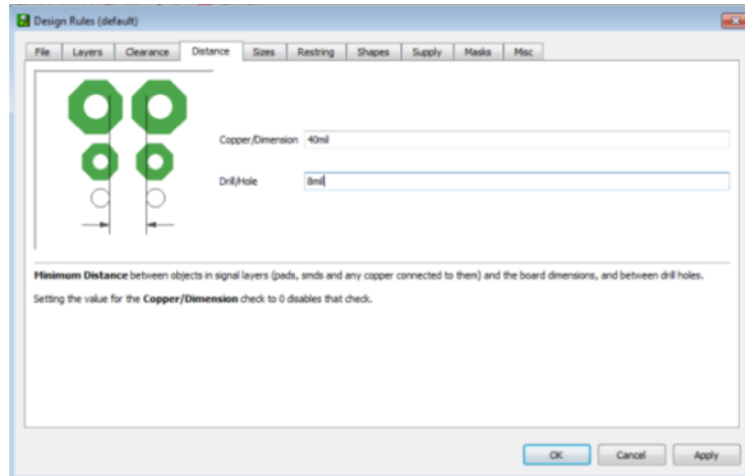


Figura 6.35. Ventana de Design Rules

### 6.3.6 Proyectos (Projects)

Para acceder a todos los proyectos realizados se lo hace mediante el panel de control. En la opción projects muestra el registro de los proyectos en las diferentes carpetas, esto se muestra en la figura 6.36.

El proyecto consiste de una carpeta en donde se presenta el nombre del proyecto.

La carpeta del proyecto contiene todos los elementos del proyecto, por ejemplo los archivos .brd y el archivo .sch, entre otros.

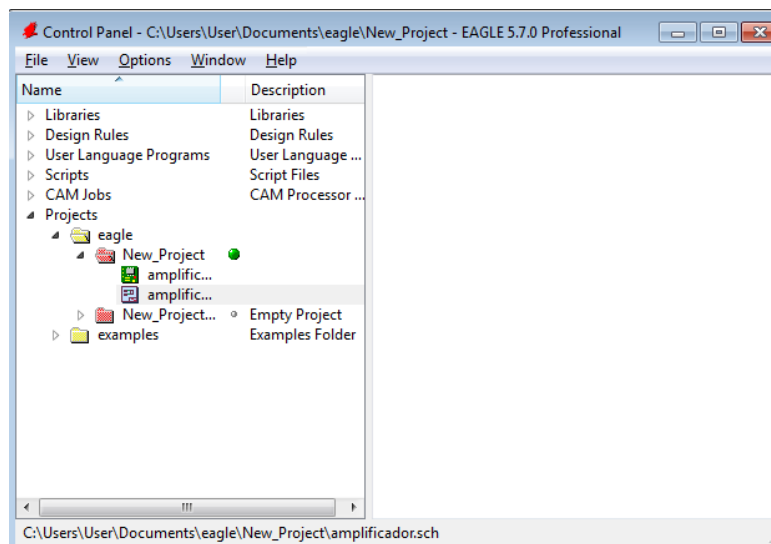


Figura 6.36. Ventana de proyectos

### 6.3.6.1 Creación de un nuevo proyecto

Para la creación de un nuevo proyecto en el Panel de Control se selecciona:

**New / Project**

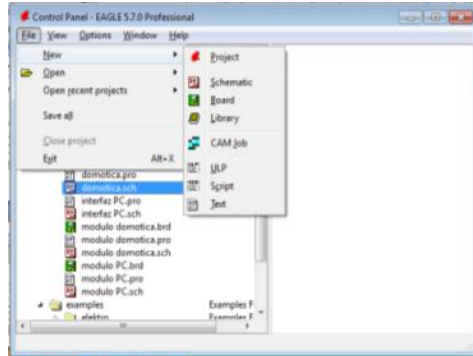


Figura 6.37. Creación de un nuevo proyecto

Se nombra a la carpeta nueva como **domótica**, la cual contendrá al proyecto domótica, el cual contendrá los archivos de esquema (.sch) y los archivos de placa (.brd). El proyecto actualmente activo se visualiza con un dibujo de en verde en el Panel de Control, como se muestra en la figura 6.38.

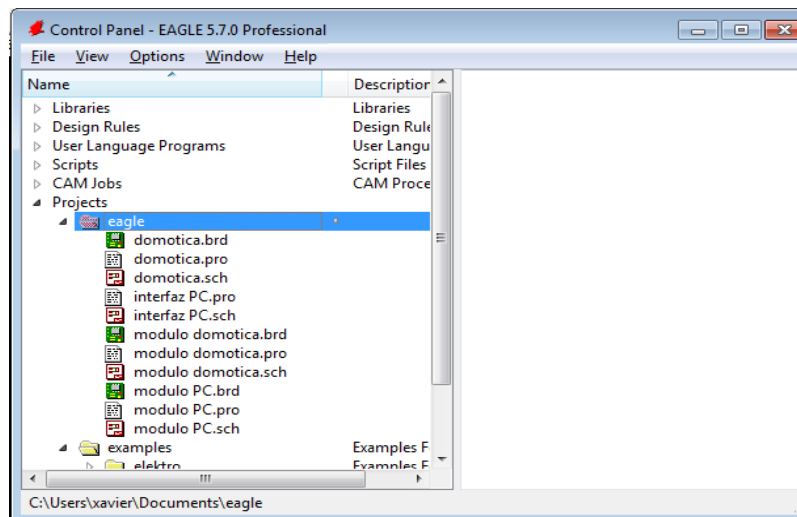


Figura 6.38. Abrir un proyecto

### 6.3.6.2 Creación de un esquema


Para la creación de un esquema se selecciona en el panel de herramientas lo siguiente:

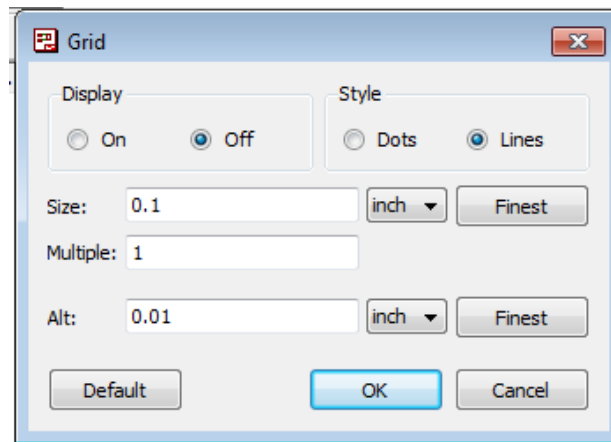
**File>New / Schematic**

Entonces se crea una página en blanco donde se puede colocar los elementos para realizar el esquema.6.3.7 Comandos de EAGLE

Los comandos más utilizados para la creación de un esquema son:


### Rejilla

 Las dimensiones estándar para un esquema son de 2.54 mm (0.1 pulgadas). Los elementos del proyecto se colocan sobre esta grilla para mantener una alineación. En la figura 6.39 se muestra los parámetros en donde se tiene valores por defecto y se los puede cambiar a las unidades deseadas



**Figura 6.39.** Cuadro de parámetros del comando Grid.

### 6.3.6.3 ADD

 El comando ADD permite abrir las librerías de elementos disponibles y agregar los símbolos de cada elemento. Al seleccionar el icono se abre una ventana donde se puede seleccionar todos estos elementos o hacer una búsqueda escribiendo parte del nombre del elemento en el campo *search*.

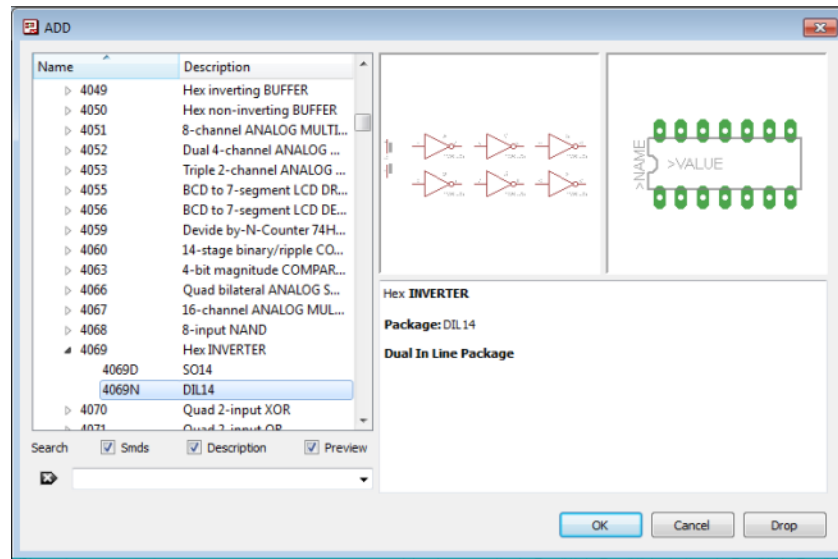




Figura 6.40. Ventana de búsqueda de dispositivos usando librerías.

#### 6.3.6.4 MOVE

 Terminado la búsqueda de todos los elementos se procede a colocarlos donde se requiere, primero se selecciona el comando y luego se selecciona el elemento a mover mientras aun siga activo el icono se puede mover más elementos.

#### 6.3.6.5 (Línea de conexión)

 Al seleccionar el icono se procede a hacer las conexiones de todos los elementos en el esquema llevando la línea desde un punto de conexión a otro como se observa en la figura 6.41.

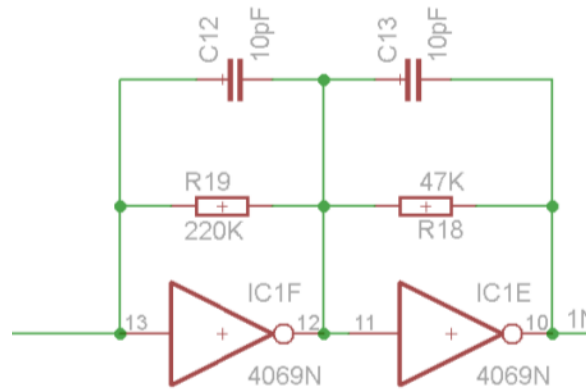




Figura 6.41. Comando Net para conexión entre elementos.

### 6.3.6.6 JUNCTION

 Cuando se cruza un línea sobre otra no necesariamente es una conexión, para indicar donde existen las conexiones para qué sea más visible se usa este elemento en la unión.

### 6.3.6.7 SHOW

 Al colocar sobre el objeto que queremos resaltar se verifica que exista las conexiones entre todos los elementos que se requieren. El color con el que se resalta en el verde claro se resalta las líneas de conexión y así como las terminales de los elementos en la figura 6.42 se muestra el procedimiento. .

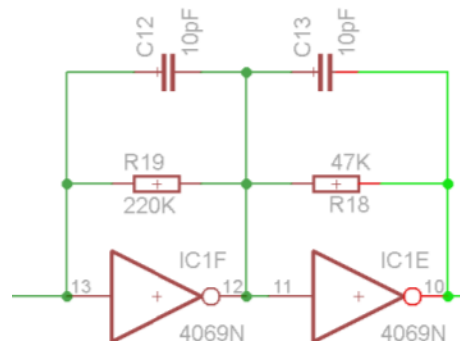


Figura 6.42. Comando Show para visualización de conexiones.

### 6.3.6.8 NAME



Se puede dar nombre a los elementos de todos los componentes, líneas de conexión, buses para identificarlos en el esquemático. En la figura 6.43 se observa el uso de este comando para dar nombre a una resistencia.

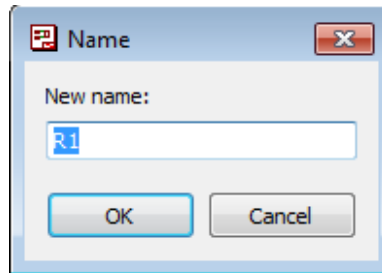


Figura 6.43. Comando Name.

### 6.3.6.9 VALUE



De manera similar se puede dar valores a los elementos de las librerías, pero no a todos, es decir se puede dar valores a las resistencias, condensadores o inductancias. En la figura 6.44 se observa el procedimiento para colocar un valor a una resistencia.

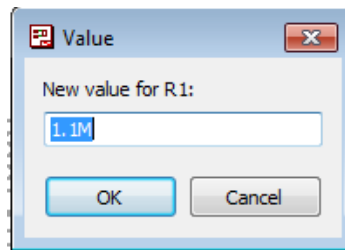


Figura 6.44. Comando Value.

### 6.3.6.10 INVOKE



Visualiza los terminales de alimentación para la conexión de los elementos que son circuitos integrados que por defecto no se muestran.

## 6.3.7 Creación de las PCB

### 6.3.7.1 Método para creación de la PCB

Una vez terminado el esquema se debe diseñar un circuito impreso, se selecciona el icono de la figura 6.45 el cual muestra una nueva pantalla y se genera un archivo con extensión .brd con el mismo nombre del archivo que contiene el esquema.



Figura 6.45. Icono Board

Todos los elementos se mostraran al lado izquierdo inferior para luego proceder a ordenarlos. Esto se puede ver en la figura 6.46.

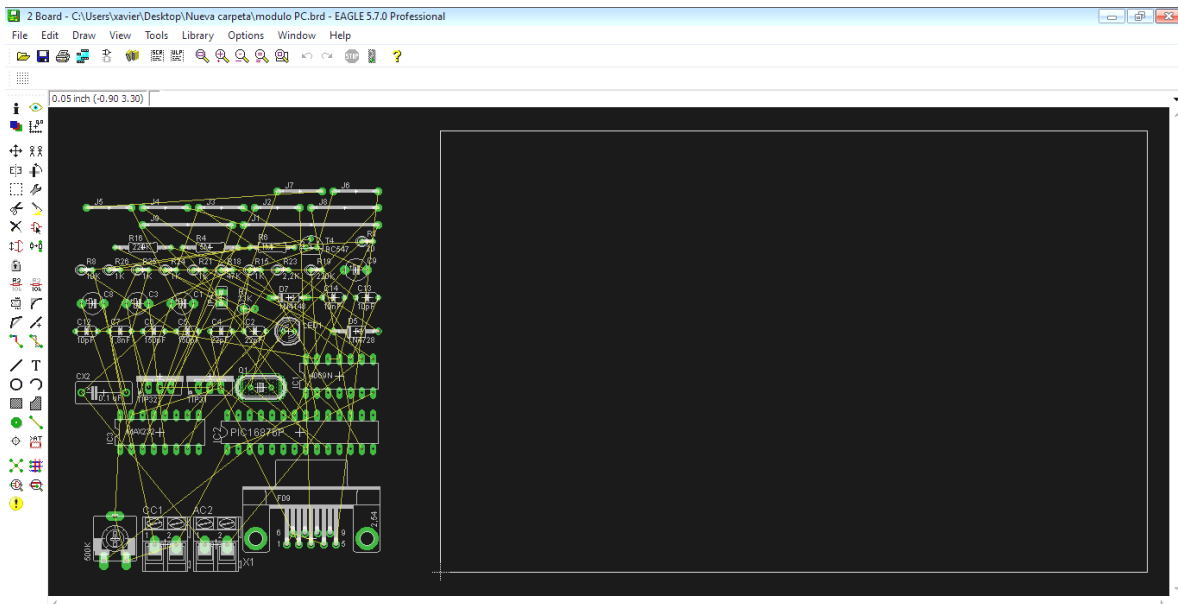


Figura 6.46. Creación de un archivo board

Todos los elementos se deben mover hacia el área delimitada con un cuadro con el comando Move como se muestra en la figura 6.47.



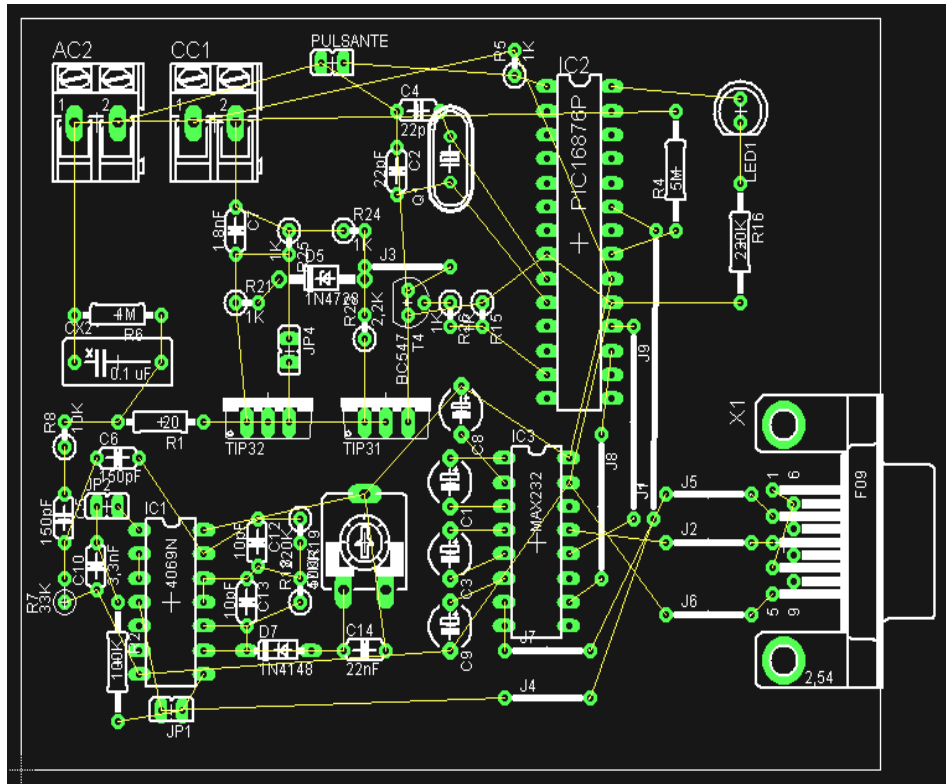


Figura 6.47. Colocación de los elementos dentro de la placa.

### 6.3.7.2 Autorouter



Quando todos los elementos estén ubicados adecuadamente dentro del área cuadrada se procede al trazado de las pistas de manera ordenada seleccionando el icono de Autorouter lo cual queda como se muestra en la figura 6.48, en ocasiones cuando el trazado de las pistas significa que no se encuentra el camino adecuado para el trazado, en este caso se debe mover algunos de los elementos hasta lograr un mejor orden para el trazado de las pistas.

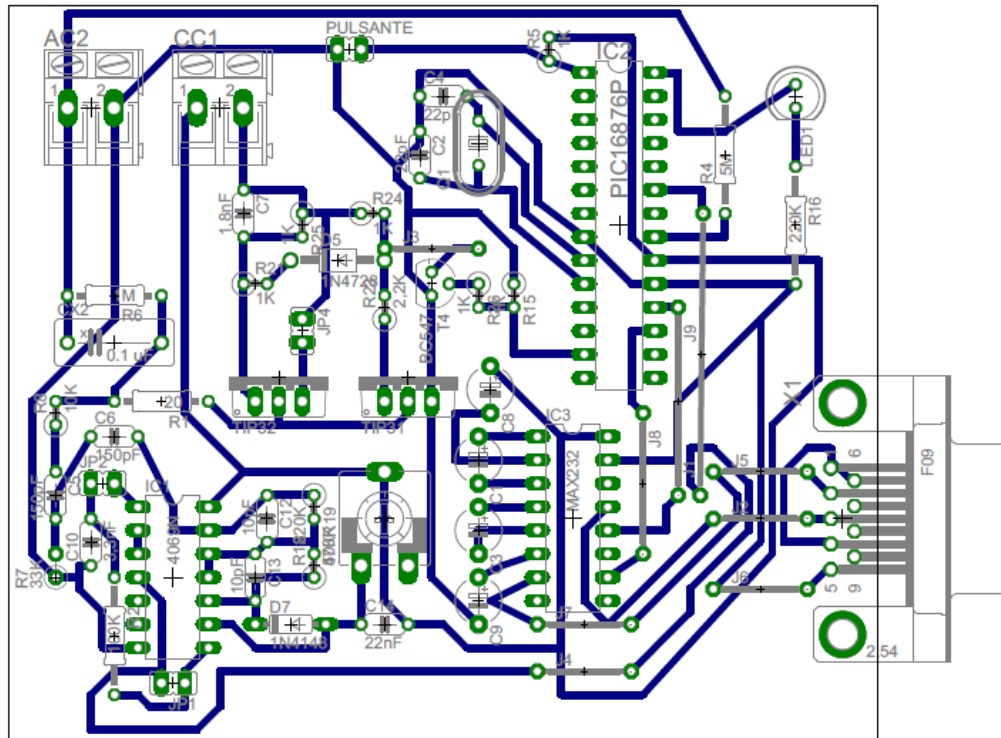


Figura 6.48. Ruteado de la placa de circuito impreso.

## CAPITULO 7

### Diseño y algoritmos

#### 7.1 Sistema de comunicación GSM

Luego de realizar un análisis de algunas de las características generales de la etapa de control, se detalla la estructura del sistema en diagrama de bloques como se muestra en la figura 7.1.

##### 7.1.1 Análisis del sistema de comunicación

1. El modem permanecerá encendido en todo momento al estar alimentado por su propia fuente.
2. Para la comunicación entre el móvil de transmisión y el modem GSM de recepción es usado el teléfono Nokia 3220 el mismo que se comunica con la PC con su respectivo cable de datos.



3. El recurso de identificación del modulo para acceder a la red GSM es la tarjeta SIM que se puede obtener de cualquier operador existente.
4. En la sección de control, el elemento principal es una computadora personal el cual coordina la comunicación con el modem, y los módulos X10 la computadora se comunica por medio de su puerto serie con el modem.

### **7.1.2 Componentes para la automatización**

- Computadora central
- Módulo maestro
- Módulos esclavos
- Medio de transmisión y sincronización (red eléctrica)
- Sensores
- Modem GSM

La computadora central será la encargada de automatizar las actividades que se lleven a cabo los dispositivos conectados a la red eléctrica. Desde donde se encargara del control de iluminación automático, acceso a tomacorrientes, sensores, etc. El PIC maestro estará conectado a la computadora mediante el puerto serie con el cual se encargara de hacer transmisión y recepción de comandos hacia y desde los módulos esclavos.

En la figura 7.1 se muestra los módulos que se conectan a la red eléctrica así como otros dispositivos que son para comunicación por radio frecuencia.

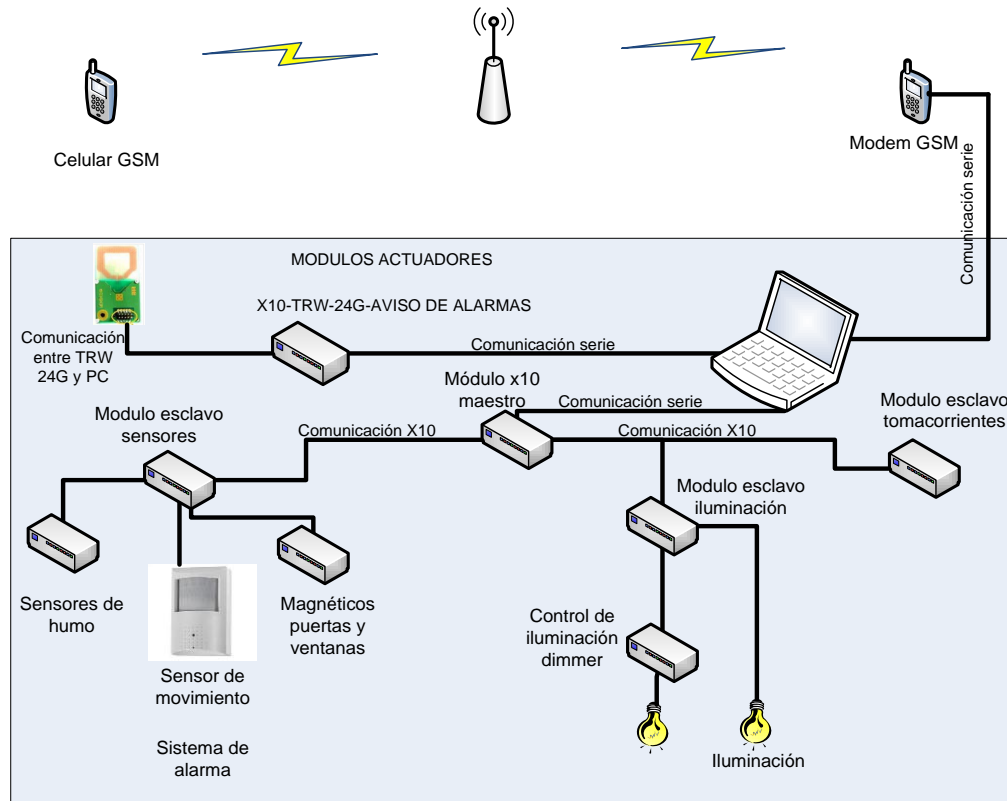


Figura 7.1. Sistema centralizado para la automatización

La comunicación entre los módulos y la computadora tendrá algunas prioridades. La computadora se encargará de enviar comandos a los dispositivos, en caso que los dispositivos conectados a los módulos esclavos emitan una señal de aviso este módulo enviara información del dispositivo activo hacia el módulo maestro el mismo que está conectado con la PC y posteriormente la PC hará las comparaciones correspondientes para determinar el tipo de aviso.

Existen elementos como el sensor de presencia que hará que se notifique que existió movimiento dentro del local posteriormente se dará aviso al módulo maestro o al control central y posteriormente encenderá las luces por la noche, o si es el caso que no hay nadie en casa se procederá a enviar un SMS notificando la presencia de alguien en el área de cobertura del sensor.

Y si es el caso que se detecte humo el sensor enviara una señal de alerta, la computadora central estará pendiente de forma frecuente, además mediante el modem GSM se dará aviso mediante SMS y con los equipos transceptores se dará aviso sobre estas irregularidades a los usuarios que estén alrededor del local afectado.

## 7.2 Implementación hardware

### 7.2.1 Consideraciones de diseño

Para la implementación se debe considerar el tipo de cableado eléctrico que deberá estar en buenas condiciones ya que de no ser así los malos contactos producen disturbios que pueden afectar a la comunicación, entonces de acuerdo a esto el computador con su modulo maestro deben estar ubicados cerca de un tablero secundario ya es el encargado de realizar las acciones de monitorear los datos entrantes y realizar las actuaciones correspondientes. También que en el medio donde se tenga instalado el sistema debe ser un lugar donde no existan perturbaciones por parte de motores, es decir no debe ser un ambiente industrial.

### 7.2.2 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación puede brindar los niveles de tensión necesarios ya que se requiere un nivel de tensión de 30 voltios que usa el amplificador para poder inyectar los pulsos de 120 KHz a la red eléctrica debido a que este nivel de tensión es el adecuado para cubrir una mayor distancia, adicionalmente de la misma fuente se obtiene un voltaje de 5 voltios mediante un regulador de voltaje el mismo que es útil para alimentar todos los elementos como lo es el PIC 16f876A, el amplificador de señal como lo es el 4069, adicionalmente un regulador de 12V para alimentación del sensor de humo y el sensor de movimiento. En la figura 7.2 se tiene el esquema de la fuente de alimentación.

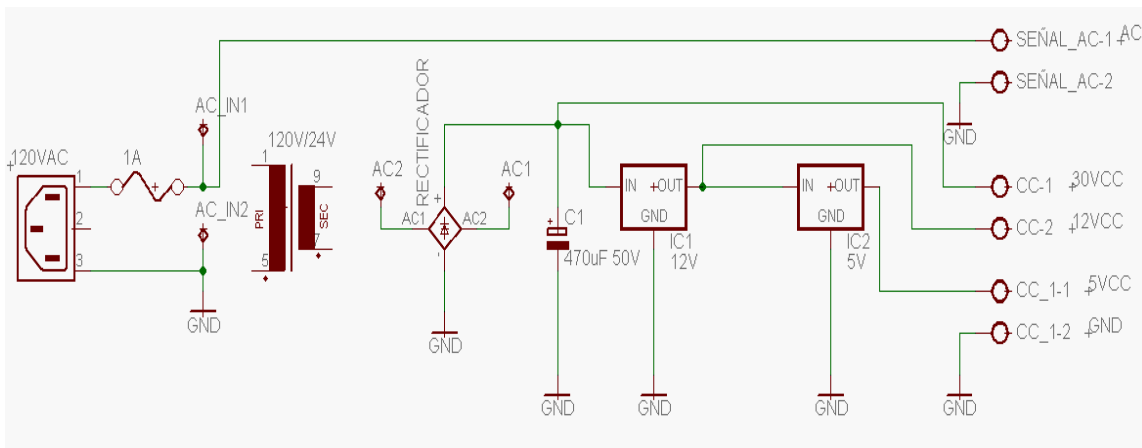


Figura 7.2. Fuente de alimentación.



## **7.3 Implementación de los módulos x10**

### **7.3.1 Descripción del equipo**

Como se ha descrito en el capítulo 3 los módulos x10 funcionan con una conexión con el cableado eléctrico, y de acuerdo a la necesidad y el ambiente del lugar, aunque se puede recomendar algunos lugares específicos donde es indispensable, colocar estos módulos para que su rendimiento sea aprovechado de mejor manera.

Este equipo consiste de varios módulos los cuales remplazaran los interruptores normales, los cuales al momento de conectar se debe verificar que las instalaciones interiores tengan identificados correctamente fase y neutro y de igual manera los módulos deberán ser ubicados adecuadamente para habilitar o deshabilitar tomacorrientes o cualquier otro dispositivo que se active y desactive, ya que todos estos dispositivos se deberán manejar de manera remota desde una PC.

### **7.3.2 Modo de trabajo**

Los módulos x10 se han desarrollado usando el sincronismo de la frecuencia de la red eléctrica en este caso de 60Hz en el cual en cada cruce por cero se enviara solamente un bit modulado a una frecuencia de 120KHz por 1ms para que esta señal de alta frecuencia se pueda inyectar a la red eléctrica en cada cruce por cero ya que en este punto es en donde se tiene menos ruido eléctrico, de igual manera en el lado receptor se obtiene esta señal y se procede a recuperar la información a través de un filtro paso bajos para recuperar los datos una frecuencia baja para que el dispositivo haga lectura de cada dato y proceda a decodificar para hacer la actuación correspondiente de acuerdo a la disposición de los dip switch ya que estos son los elementos con los cuales se identifica cada modulo en el sistema.

## **7.4 Modulo de comunicación x10 y transmisión por la red eléctrica**

### **7.4.1 Transmisión y recepción de la portadora**

La transmisión pulsos de alta frecuencia sobre la onda senoidal ocurre cuando existe un cruce por cero. Si existe esa transmisión en las líneas de CA, se habrá transmitido un uno lógico, o si no existe, se habrá transmitido un cero lógico.

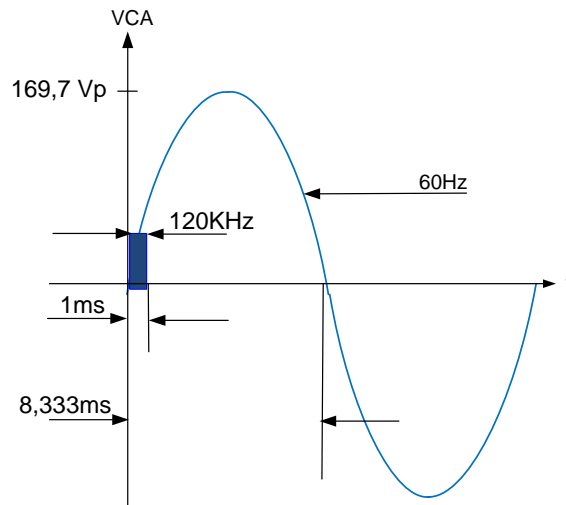


Figura 7.3. Transmisión x10

Para lograr la transmisión de la portadora a través de la línea de CA se requieren varios recursos como los es el microcontrolador y la circuitería externa tanto para la transmisión y recepción.

Para la transmisión y recepción se cuenta con dos microcontroladores, el uno transmite y el otro recibe de esta manera se establece la comunicación entre los dispositivos para lograr su actuación posterior de diferentes tareas a realizarse.

#### 7.4.2 Forma de transmitir

El microcontrolador usado es el 16f876A el cual contiene dos módulos de captura/comparación y PWM (ccp1 y ccp2) en el cual se usa el modulo PWM para generar señales de modulación de ancho de pulso.

En la grafica 7.4 se muestra un circuito amplificador en el cual la señal generada por el modulo ccp1 es de 120Khz debe pasar a un amplificador se puede observar que la señal entrante esta a la derecha del grafico y la señal se amplifica a los niveles de tensión especificados en el lado izquierdo de la grafica, esta señal dependiendo de cual es nivel de tensión de la fuente amplificara la señal entrante, en este caso una fuente de 24 V se puede observar que la señal amplificada llega hasta este nivel de tensión, el cual posteriormente se inyectara a la red eléctrica.

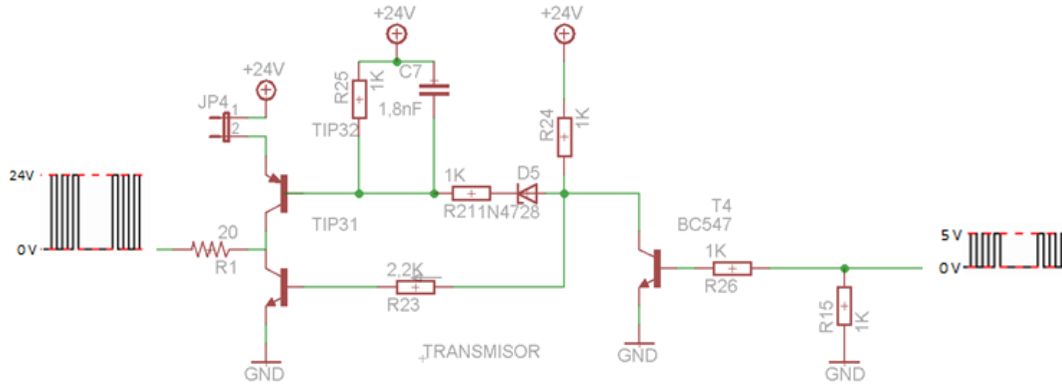


Figura 7.4. Circuito para enviar los datos modulados

Las graficas de las señales a la salida del modulo CCP1 del PIC se tiene en la figura 7.5, en donde la señal modulada es coincidente con los cruces por cero.

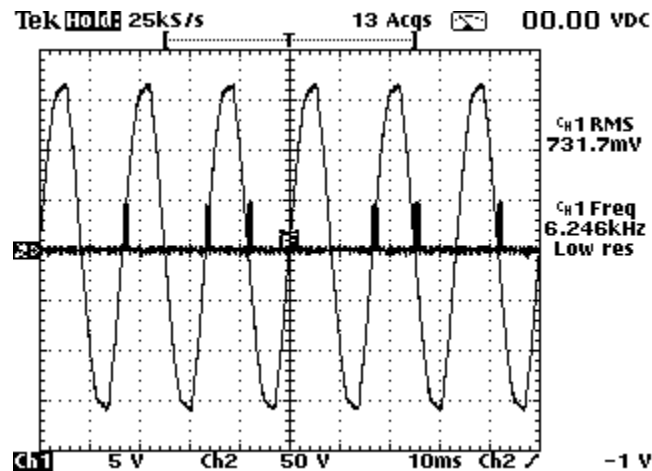


Figura 7.5. Datos modulados a 120KHz obtenidos del PIC

La grafica de la señal luego de la etapa amplificadora se tiene en la figura 7.6 la señal amplificada se inyectara a la red electrica de CA en cada cruce por cero, en consecuencia el amplificar la señal para cubrir una distancia mayor se logra una distancia de 35m esto es atravesando un tablero de distribucion y algunos empalmes que comunmente se lo hace para la conexión de los tomacorrientes.



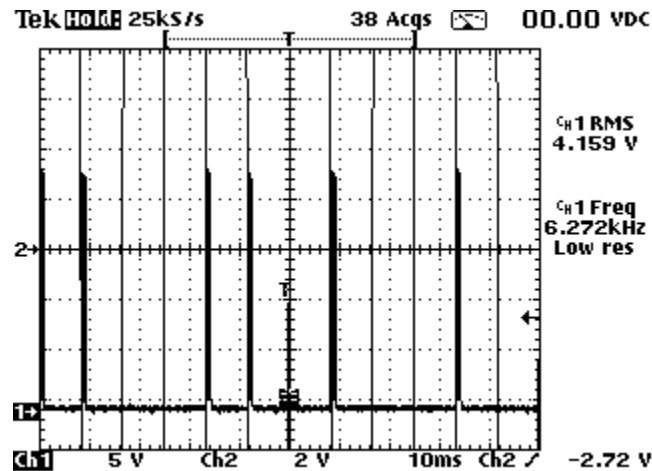


Figura 7.6. Señal amplificada coincidente en cada cruce por cero

### 7.4.3 Forma de inyectar la señal a la red eléctrica

La forma de inyectar la señal a la red eléctrica se lo hace con este filtro de acoplamiento paso alto el cual permite el paso de las señales de alta frecuencia, en el caso de que se envíe señales este filtro acoplara las señales a la red eléctrica como se muestra en la figura 7.8 donde se puede ver como una línea gruesa sobre la señal de 60 Hz luego del cruce por cero esta es la señal que se inyecta a la red eléctrica. Los cálculos para los valores de este filtro de presentan en el **capítulo 3 sección 3.11.2 Detector de señal de 120kHz**, con lo cual se presenta la configuración del filtro en la figura 7.7.

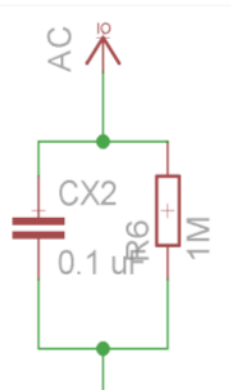


Figura 7.7. Filtro de acoplamiento

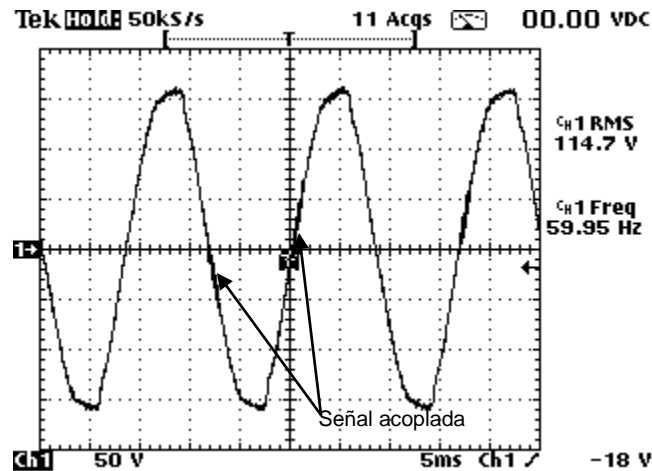


Figura 7.8. La señal acoplada a la red eléctrica

## 7.5 Relación señal ruido

Si se tuvieran condiciones ideales, cuando no existan señales viajando a través del medio de transmisión este medio presenta una señal nula pero en la práctica existen perturbaciones aleatorias incluso cuando no se está transmitiendo ningún tipo de información , pero en condiciones extremas podemos decir que al atenuarse su amplitud tanto que en el receptor solamente se tendría el ruido de la línea.

Un parámetro importante cuando se hace uso de un medio de transmisión es la relación señal ruido, mientras más alta sea esta relación mejor será la comunicación.

$$SNR = \frac{\text{potencia recibida}}{\text{potencia de ruido}}$$

Para tener una SNR aceptable el sistema debe trabajar con un nivel de potencia de transmisión tan alto como sea posible, sabiendo que el medio de transmisión que es la red eléctrica tiene ruido y este es igual a la suma de muchos disturbios diferentes, por ejemplo: el funcionamiento de un motor , fuentes de TV, computadores, aspiradoras, e interferencias producidas en las redes de baja tensión.

El ruido son señales de alta velocidad que son aleatorias y dado que la transmisión de datos se lo realiza modulando estos datos a 120 KHz una interferencia puede producir que los datos se conviertan en no validos. Figura 7.9.

De acuerdo a que el ruido es aleatorio tanto en amplitud como en frecuencia no se puede establecer un nivel umbral para definir la máxima amplitud que puede tener el ruido.

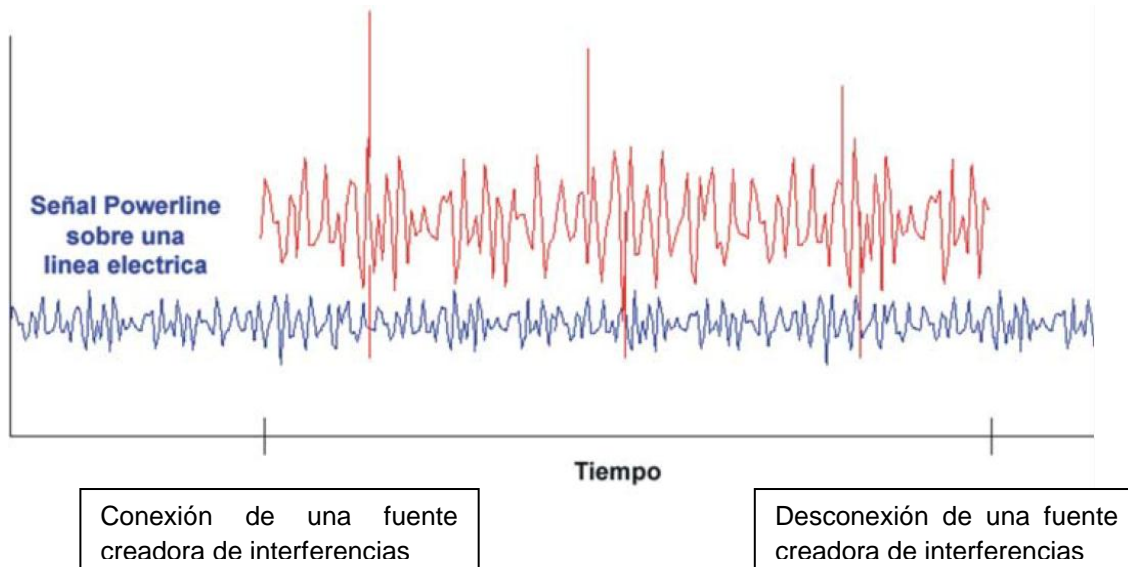


Figura 7.9 señal PLC sobre la red eléctrica<sup>57</sup>

Es por esta razón que la potencia del ruido es poco **predecible** y variable lo cual provoca que la disminución en cuanto a las distancias a cubrir. Al modificar uno de estos parámetros se realizó el incremento de la potencia de transmisión para mantener una relación SNR aceptable pero debido a las características de la red las señales PLC son inyectadas usando una potencia baja.

Pero de acuerdo a las mediciones que se han realizado en este trabajo de tesis es que amplitud máxima de la señal de entrada es de 200mV y los niveles de ruido que se han podido medir están por debajo de este valor en la mayor parte del tiempo y como se mencionó que el ruido no tiene un valor que sea predecible no se puede establecer un valor exacto sino de acuerdo a las mediciones se ha realizado la amplificación de la señal de datos para superar este inconveniente del ruido en la red eléctrica.

## 7.6 Forma de recibir

### 7.6.1 Filtrado de la señal recibida

El filtro de la figura 7.7 atenúa las señales de baja frecuencia como lo es la señal de 60 Hz

<sup>57</sup> <http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/powerline.pdf>

Los valores del filtro paso alto de la figura 7.9 se calculan en el capítulo 3 sección 3.11.2 detector de señal de 120kHz, de acuerdo a estos valores el filtro permitirá el paso de frecuencias superiores a los 32KHz la cual es la frecuencia de corte, con esta consideración se puede recuperar los datos enviados a 120KHz desde el control maestro o de un modulo esclavo como lo es el sistema de alarmas, en la figura 7.11 se tiene la señal filtrada la cual aun no es adecuada para obtener los datos que fueron enviados.

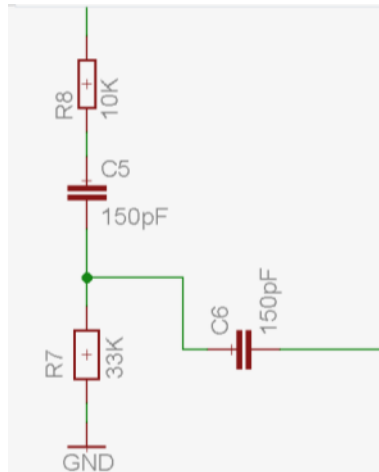


Figura 7.10. Filtro paso alto

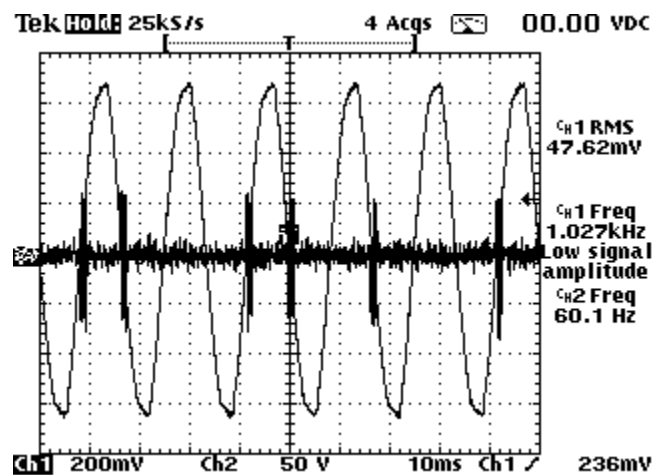


Figura 7.11. Señal obtenida luego del filtro paso alto

### 7.6.2 Amplificación de la señal recibida

En la figura 7.12 se tiene la primera etapa de amplificación para la señal recuperada con el filtro paso alto y en la figura 7.12 se tiene la forma de la señal hasta este punto pero el nivel de voltaje aun no es el adecuado y se procede a

colocar una etapa más de amplificación el análisis de este circuito amplificador se lo realiza en el capítulo 3.

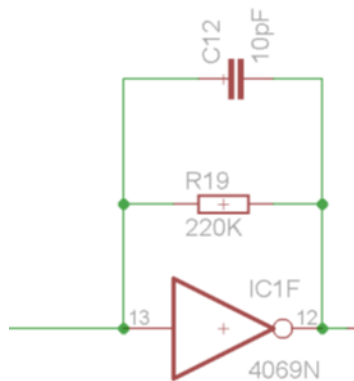


Figura 7.12. Amplificador de la señal filtrada primera etapa

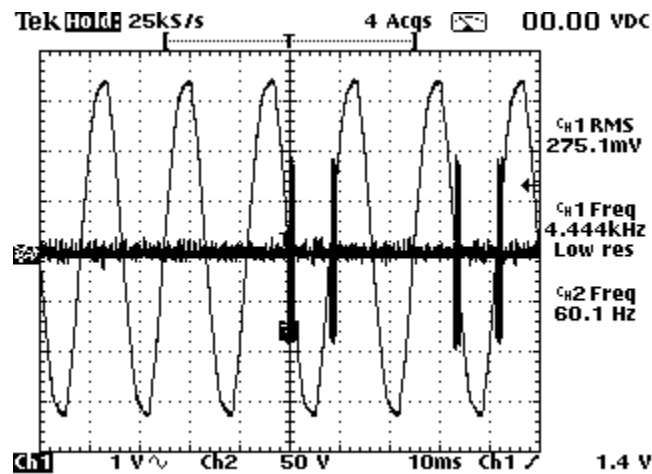


Figura 7.13. Señal obtenida luego de la primera etapa de amplificación

Con la segunda etapa de amplificación de la figura 7.14 se tiene un nivel de tensión más adecuado para recuperar los datos y su correspondiente grafica de la forma de la señal en la figura 7.15.

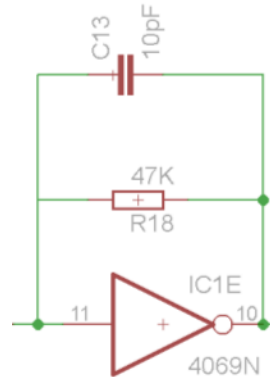


Figura 7.14. Amplificador de la señal filtrada segunda etapa

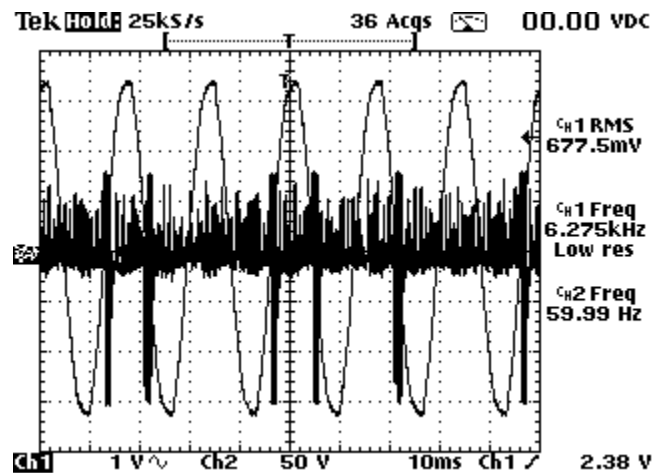


Figura 7.15. Señal amplificada luego de la segunda etapa de amplificación

### 7.6.3 Detector de envolvente

Con el detector de envolvente se recupera el dato el cual dependiendo del valor del capacitor y el valor de la resistencia la cual se puede modificar de acuerdo como el receptor este más alejado del modulo maestro de manera que se puede ajustar la resistencia hasta conseguir la correcta recepción de los datos, el detector de envolvente se muestra en la figura 7.16.

*El funcionamiento del detector de envolvente:* el diodo conectado de manera inversa es para permitir o no el paso de la tensión entrante

Cuando no exista un nivel de tensión al lado de la entrada el diodo estará en conducción es decir el cátodo del diodo estará a nivel cero y el ánodo tendrá un nivel de 0 voltios

Cuando exista un nivel de tensión positivo el diodo deja de conducir es decir que en el cátodo existe un nivel de tensión de 5 voltios y en el ánodo debe existir un nivel de tensión de 5 voltios.

De esta manera el detector de envolvente recupera la señal de 1 ms aproximadamente el cual se considera como un dato valido el mismo que ingresa por el pin RB2 del PIC 16f876A para que posteriormente estos datos sean almacenados por software para recuperar la información enviada.

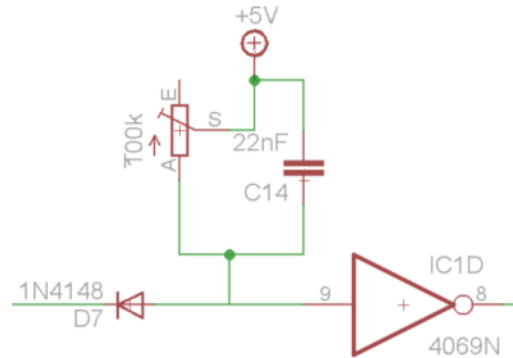


Figura 7.16. Detector de envolvente para la señal filtrada<sup>58</sup>

La señal recuperada son los datos validos para que el PIC pueda hacer lectura correspondiente y estos datos se recuperan de acuerdo vayan llegando, en la figura 7.17 se muestra como los datos han sido recuperados luego de pasar por el detector de envolvente.

<sup>58</sup> Detector de envolvente basado en la aplicación de microchip AN232 ; X-10 Home Automation Using the PIC16F877A

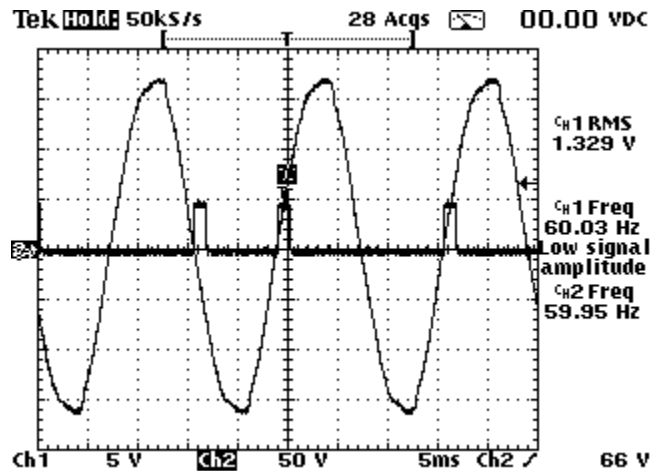


Figura 7.17. Señal recuperada luego del detector de envolvente

Finalmente en la figura 7.18 se tiene el circuito completo para recuperar los datos enviados, en el cual se tiene la señal de entrada en la parte izquierda de la grafica y los datos recuperados en la parte derecha de la gráfica.

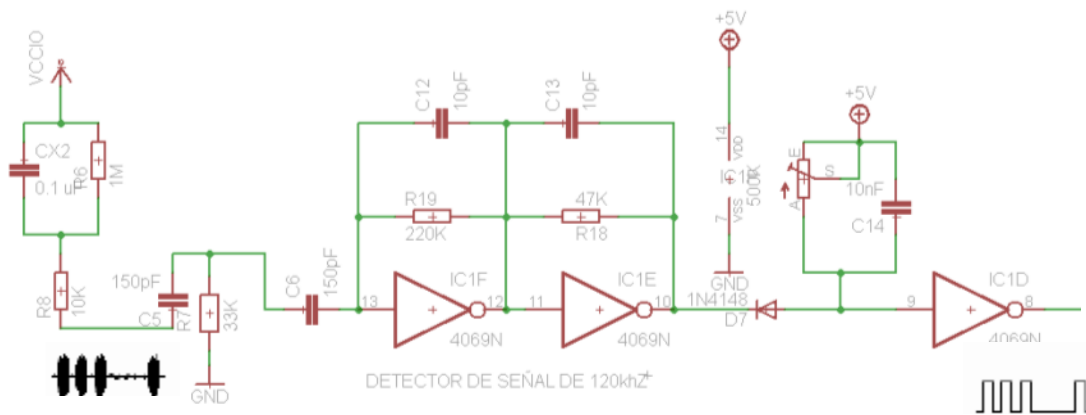


Figura 7.18. Detector de señal de 120KHZ

### 7.7 Espectros de frecuencia en cuándo se envía información a través de la red de C.A.

En figura 7.18 se puede observar el espectro de frecuencia de la señal de 60Hz en donde está ubicado el cursor 1.

Estas graficas son tomadas en un medio ruidoso, el propósito de esta prueba es para demostrar que efectivamente el sistema funciona de forma correcta en medios con ruido eléctrico proveniente de fuentes conmutadas cercanas en este



caso el ruido proveniente es de fuentes conmutadas de las computadoras. Figura 7.19

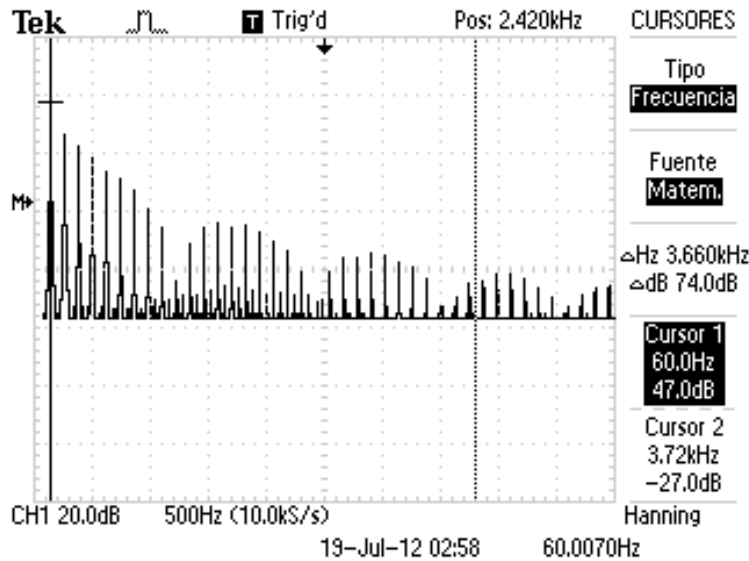


Figura 7.19. Espectro de frecuencia para la señal de 60Hz.

En la figura 7.19 se puede observar diferentes componentes de baja frecuencia esto es debido a que en el medio en donde se ha hecho la pruebas finales tiene una gran cantidad de ruido, debido a que el ruido es aleatorio se puede decir que es proveniente de fuentes conmutadas de computadoras que están conectadas en el mismo circuito, este resulta ser un impedimento para el correcto funcionamiento del sistema ya que se reduce la distancia de comunicación por la red eléctrica, pero en una residencia el sistema funciona correctamente ya que los niveles de ruido son bastante bajos.

En la figura 7.20 se puede observar el espectro de frecuencia para la señal de 120 KHz que se transmite por la red eléctrica.

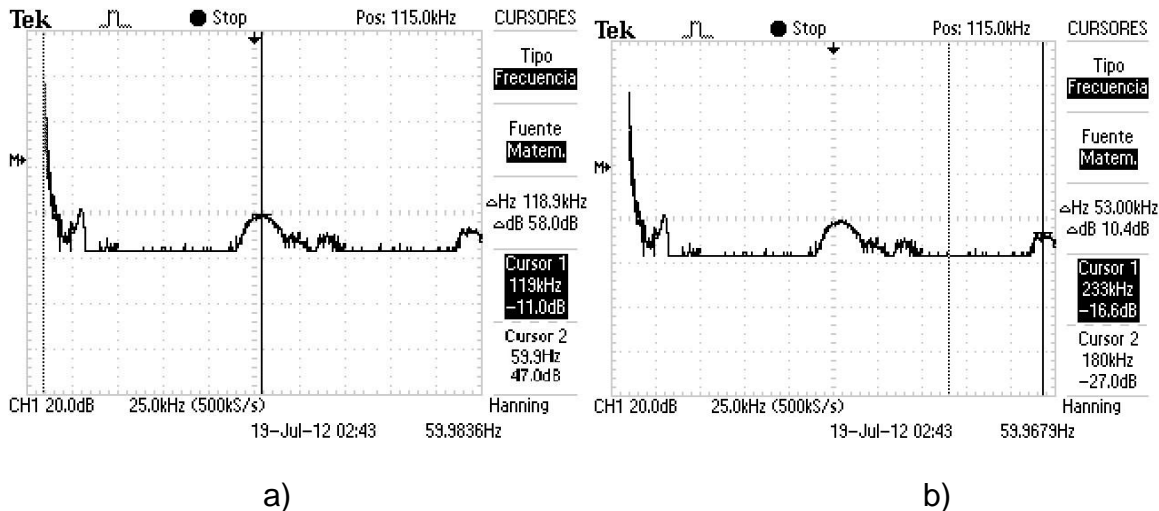


Figura 7.20. Frecuencia central de los datos para la comunicación

Como se puede observar en la figura 7.20 a) la frecuencia central de los datos es de 120 KHz con una amplitud de -11.0 dB y hay que comparar la amplitud de las demás señales que se pueden encontrar pero estas señales de más alta frecuencia se consideran como ruido pero tiene una menor amplitud como se puede observar en la figura 7.20 b) la cual tiene una frecuencia de 233 KHz con una amplitud de -16.6 dB en el momento de la captura pero también existen señales de ruido de frecuencias más altas pero de menor amplitud frecuencias de menor amplitud y debido a la aleatoriedad del ruido también algunas de estas señales son de mayor amplitud y es por esta razón que en ocasiones se recibe datos erróneos en los módulos construidos , adicionalmente las frecuencias bajas tienen mayor amplitud pero como el filtro paso alto está diseñado para que pasen frecuencias mayores a los 32 KHz es por esta razón que en medios demasiado ruidosos donde se tiene bastante ruido a baja frecuencia este no causa efecto alguno en el funcionamiento de los módulos pero también existe ruido con frecuencias cercanas a los pero a veces este ruido es de mayor amplitud es por esta razón que a veces se recibe datos erróneos en los módulos, adicionalmente en la figura 7.20 se puede observar la amplitud de 60 Hz es mayor a de 120 KHz.

### 7.7.1 Espectros de frecuencia en cuándo está en funcionamiento un motor

Se puede observar que un motor de una potencia de 200W genera ruido a baja frecuencia el cual es un valor inferior al calculado para el filtro paso alto de los módulos el cual es de 36KHz entonces se puede decir que no produce un

inconveniente para la comunicación entre los módulos. En la figura 7.21 b) se muestra el ruido provocado por el motor.

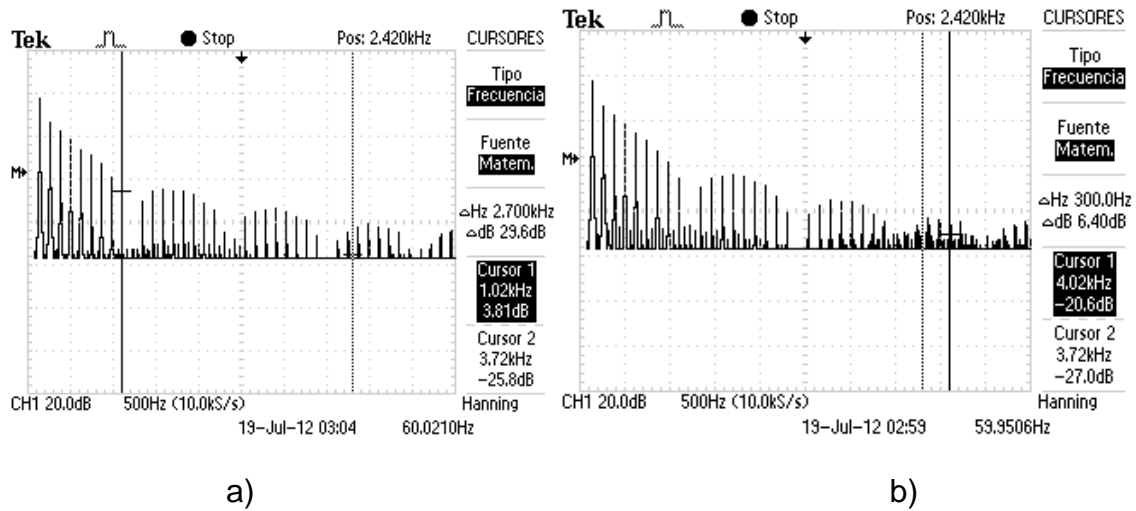


Figura 7.21. Ruido producido por un motor de baja potencia

### 7.8 Comunicación entre la PC y los módulos x10

Para realizar la prueba de comunicación entre la PC y el modulo x10 maestro se requiere que la PC tenga puerto serie, la comunicación requiere este tipo de puerto ya que los microcontroladores usados tiene la posibilidad de comunicación con este protocolo de comunicación. El la figura 7.22 se tiene el diagrama de bloques de la comunicación.

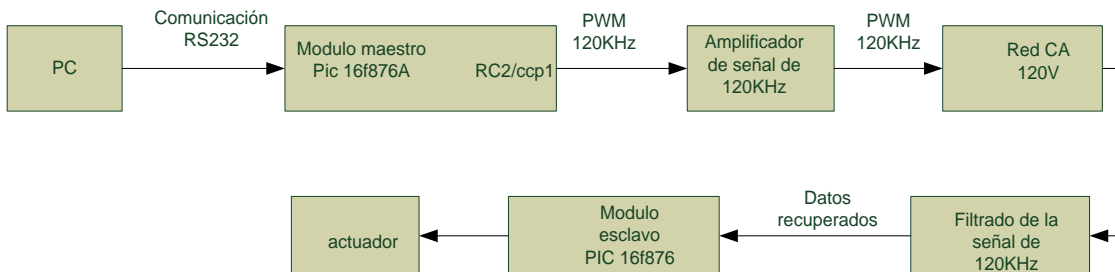


Figura 7.22. Comunicación entre la PC y los módulos x10

En la figura 7.23 se presenta el esquema de los elementos principales que conforman la comunicación, en donde la base de este proyecto es el PIC 16f876 un puerto de comunicación serie el cual requiere circuitería externa como lo es el Max 232 para adecuar los niveles de comunicación RS232 a TTL y viceversa.



### 7.8.1 Métodos de comunicación

Básicamente la comunicación se la realiza remotamente entre dos o más módulos ya que al modular la información a 120KHz mediante un PWM para el envío, se configuran entradas y salidas del microcontrolador y temporizador timer 2 para su funcionamiento, posteriormente se configura para que el PIC haga lectura de los flancos de subida o bajada para cada semiciclo de la onda senoidal en el pin RB0. En el momento de presionar el botón representado en la ventana de Visual Basic la PC procede a enviar los códigos siguientes: house\_code, key\_code y ext\_code, el PIC el cual es parte del modulo maestro procede a enviar los datos recibidos desde la PC, previamente se enviara un encabezado de 2 bits para avisar al PIC receptor que existen datos listos para ser recibidos

Para el momento de recibir la señal de 120KHz se pasa por un filtro paso alto y posteriormente se pasa por un detector de envolvente para recuperar la información en cada cruce por cero, luego esta información se irá almacenando en un vector de acuerdo como vaya llegando los datos esto es bit a bit, el primer bit que se detecto avisa que hay datos listos para recibir esto el microcontrolador se prepara para almacenar los datos entrantes mediante el pin RB3, posteriormente los datos almacenados se compara con los datos que se encuentran el puerto C de microcontrolador en donde está conectado a un dip switch estos datos almacenados se comparan con los datos del puerto C y si son los valores iguales se procede a activar o desactivar los elementos conectados al modulo receptor y cuando ya ha terminado de realizar las acciones nuevamente retorna esperar enviar o recibir datos.

Dependiendo de la distancia de un modulo a otro la señal que viaje por las líneas de CA se atenúa y esto afecta en la recepción de los datos ya que al momento de readecuar los datos recibidos existe la posibilidad que ingresen datos erróneos debido a disturbios existentes en la red eléctrica. Se espera un tiempo de 400us después del cruce por cero y al terminar este tiempo de espera se lee el valor presente en este puerto el mismo que está conectado con el filtro y el detector de envolvente.

El sistema completo para el modulo principal que ira conectado a la PC

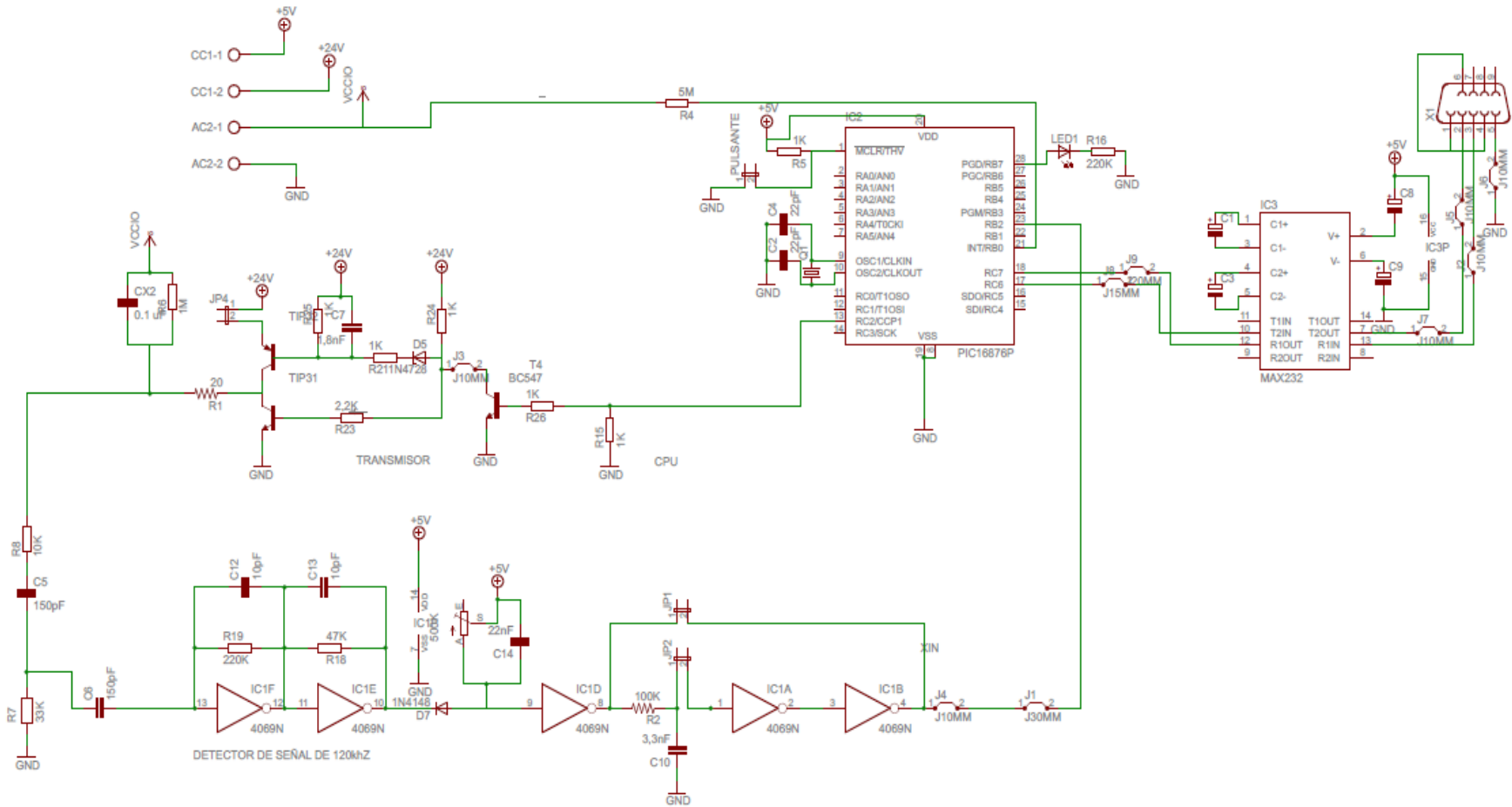


Figura 7.23. Esquema completo del modulo maestro para la PC

### 7.8.2 Comunicación entre el PIC y los módulos de sensores

Para la comunicación entre el módulo de alarma y la PC se sigue el mismo método descrito anteriormente, en este caso cuando cada uno de los sensores emitan una señal de voltaje el cual es interpretado por el microcontrolador como una señal de alarma e inmediatamente enviara una señal de aviso hacia la computadora central la cual procesara esta información y enviara un aviso hacia el usuario por medio de un mensaje de texto y también se dará aviso a los usuarios cercanos, el diagrama de bloques de la figura 7.24 se muestra la forma de comunicación entre la PC y el módulo de sensores y en la figura 7.25 se tiene el esquema completo del módulo de sensores.

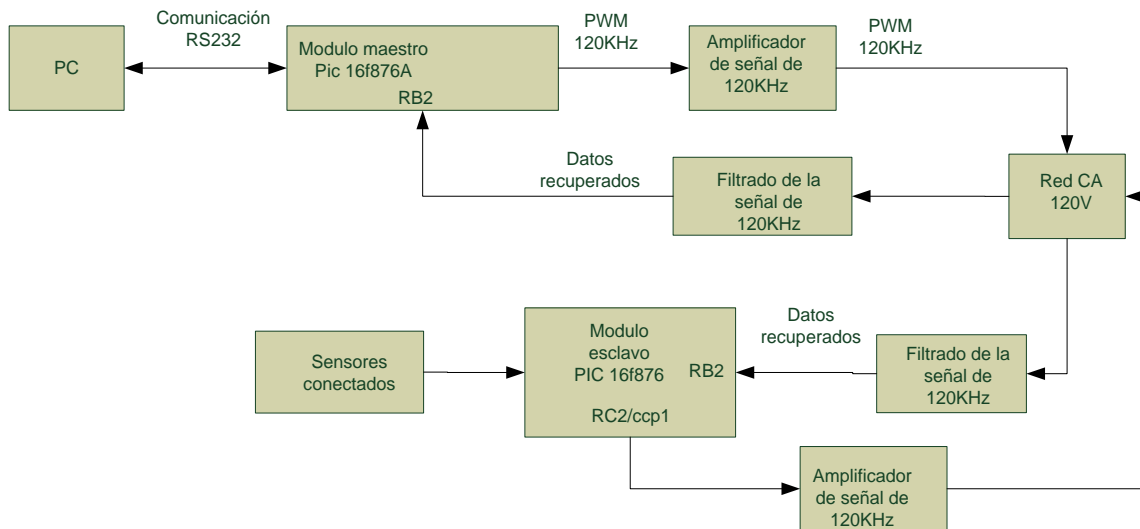


Figura 7.24. Comunicación entre la PC y el modulo de sensores

### Esquema completo para la comunicación con el módulo sensor

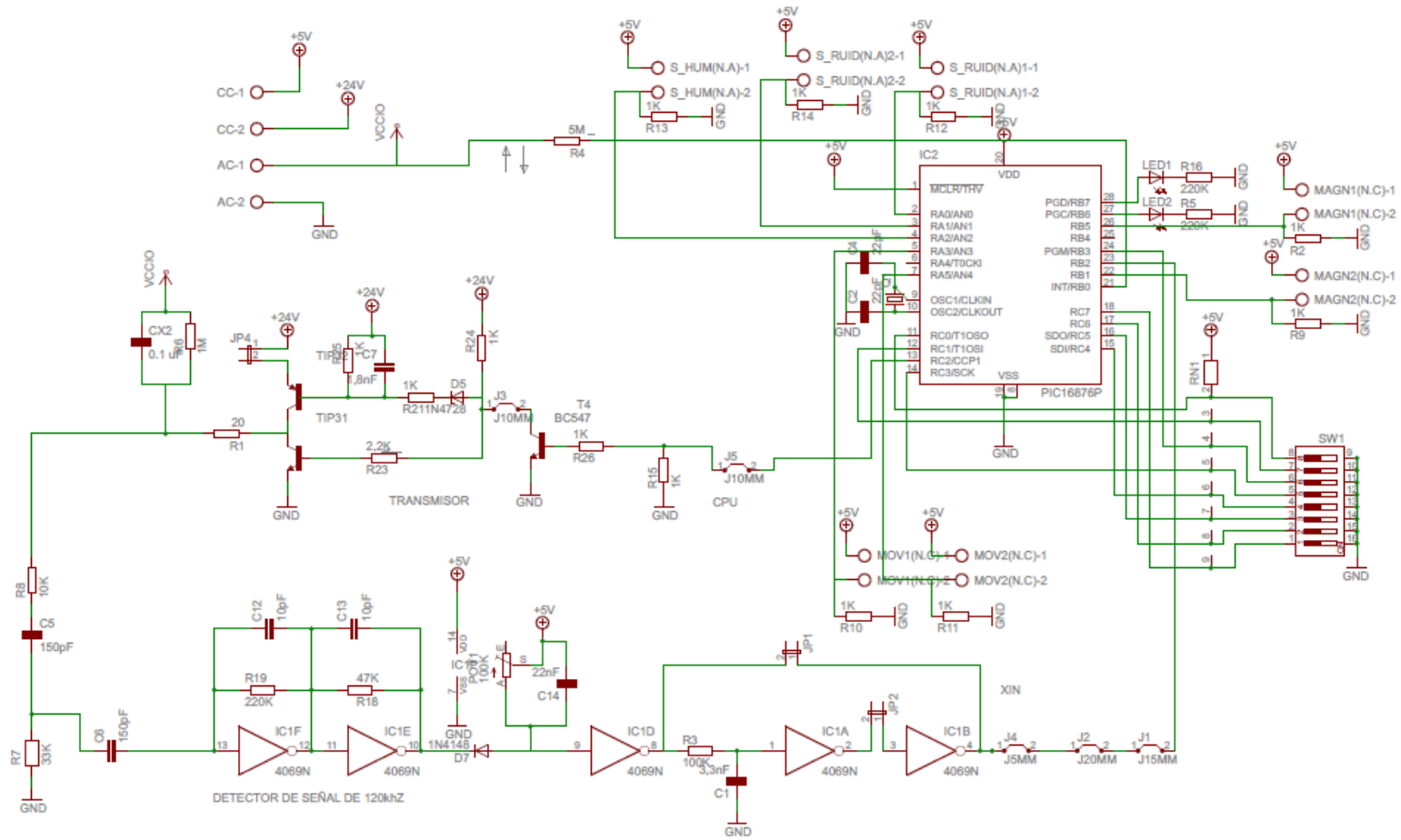


Figura 7.25. Esquema completo para el módulo de sensores

## 7.9 Control de iluminación

Para realizar el control de iluminación se hace el uso de un foco incandescente ya que es una carga resistiva y el adecuado para esta prueba. El nivel de iluminación de los focos incandescentes depende de la cantidad de voltaje que se les proporcione; generalmente funcionan con 120 VCA. En caso de que ese voltaje disminuyera, su iluminación disminuiría.

La forma de controlar el nivel de iluminación es mediante el corte de alimentación al foco por determinado tiempo controlando el tiempo de conducción que se le aplique. La forma de onda senoidal que alimenta a un foco es como se ve en la figura 7.26. Esta tiene una frecuencia de 60Hz y un voltaje de 120VCA.

Para aumentar y disminuir el nivel de iluminación se considera el uso de la PC en la cual se tiene seis niveles de iluminación consecutivamente la información del nivel de iluminación se transmite hacia el modulo maestro para que este modulo sea el encargado de la transmisión por la red eléctrica para indicar al modulo esclavo encargado de la iluminación el nivel de iluminación al que se debe producir. En el diagrama de bloques de la figura 7.27 se presenta la comunicación con el modulo de iluminación.

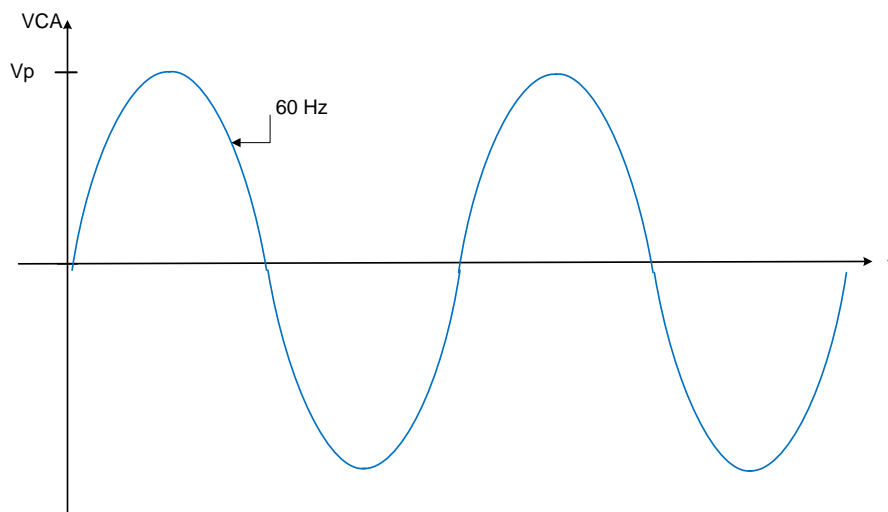


Figura 7.26. Forma de onda senoidal 120V a 60 Hz



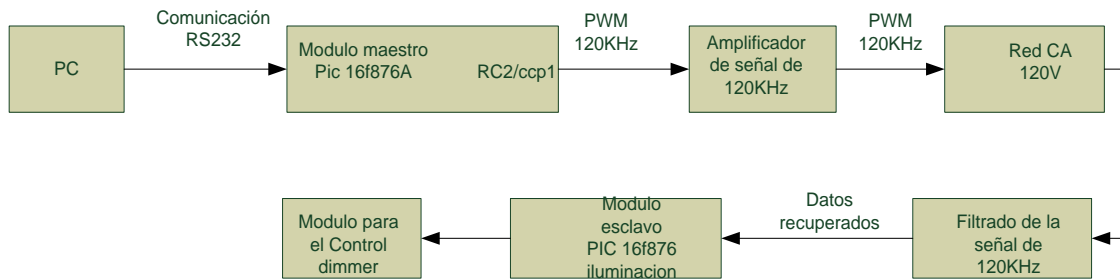


Figura 7.27. Diagrama de bloques para el control del dimmer

### 7.9.1 Control modulo dimmer

Para controlar el tiempo de conducción al foco se utiliza un triac, estos dispositivos funcionan como interruptores de estado solido. Estos dispositivos tienen tres terminales que son: la compuerta G, terminal T1 y terminal T2. El dispositivo es capaz de conducir en los dos sentidos siendo adecuado para alimentación de focos y motores de C.A. el diagrama de un triac se muestra en la figura 7.28.

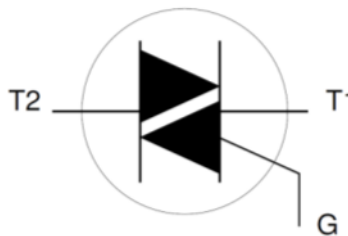


Figura 7.28. Diagrama electrónico de un Triac

Cuando existe una corriente por la terminal G, el triac comienza a conducir entre sus terminales T1 y T2.

A continuación en la figura 7.29 se presenta el diagrama electrónico del control de iluminación con el 16F628A, en el cual consta de un control manual para iluminación, este control se lo hace con dos pulsantes para el incremento y decremento.

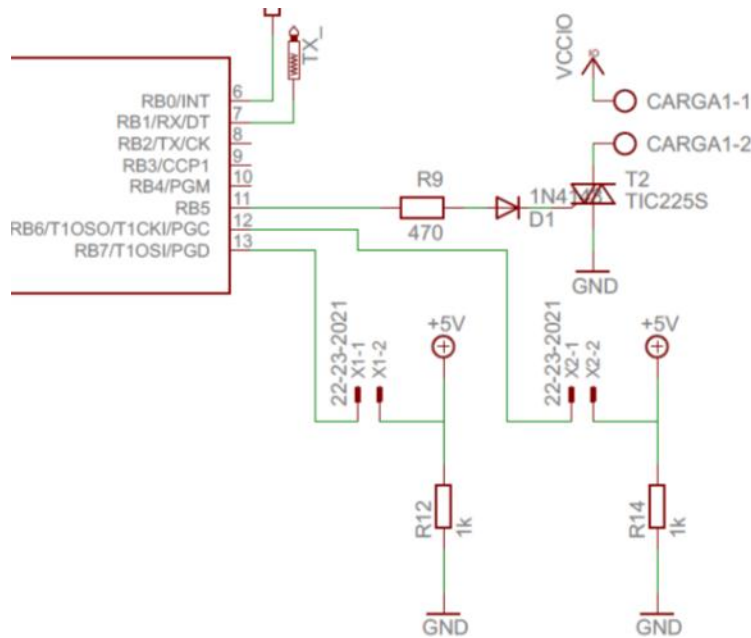


Figura 7.29. Conexión para control de iluminación

En la figura 7.30 se observa la gráfica de voltaje que se entrega al foco y la gráfica de voltaje en la terminal G del triac por parte del PIC es necesario dar un pulso de voltaje en la compuerta del triac conduzca corriente hacia la carga. El triac continúa conduciendo hasta que exista un cruce por cero, en ese instante el triac se apaga hasta que se dé un nuevo pulso de voltaje. El tiempo  $t_E$  es medido desde el cruce por cero hasta cuando se requiere la activación del triac, de este modo se determina el grado de iluminación; si el tiempo de  $t_E$  es igual a cero el triac tendrá conducción completa y el foco se encenderá por completo.

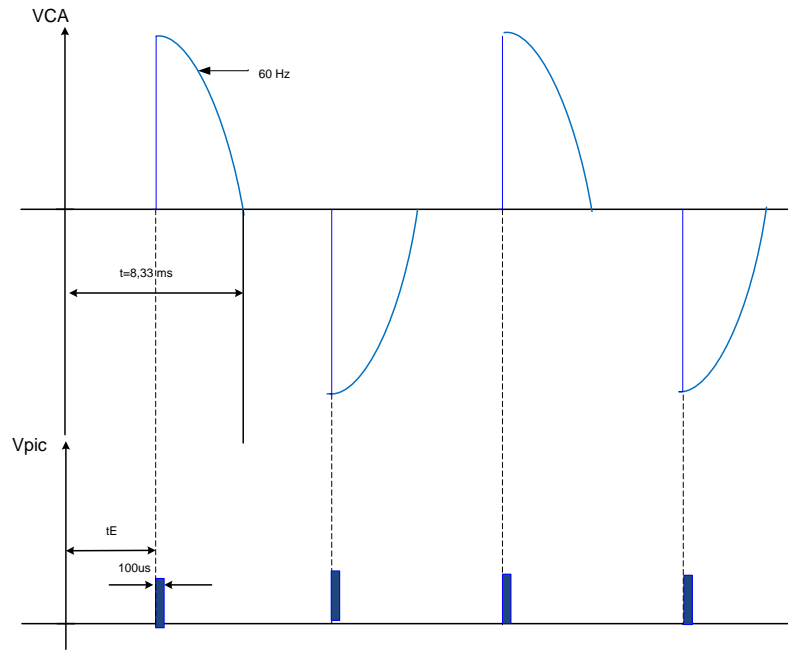


Figura 7.30. Voltaje interrumpido por Triac

### Esquema completo para el módulo de iluminación

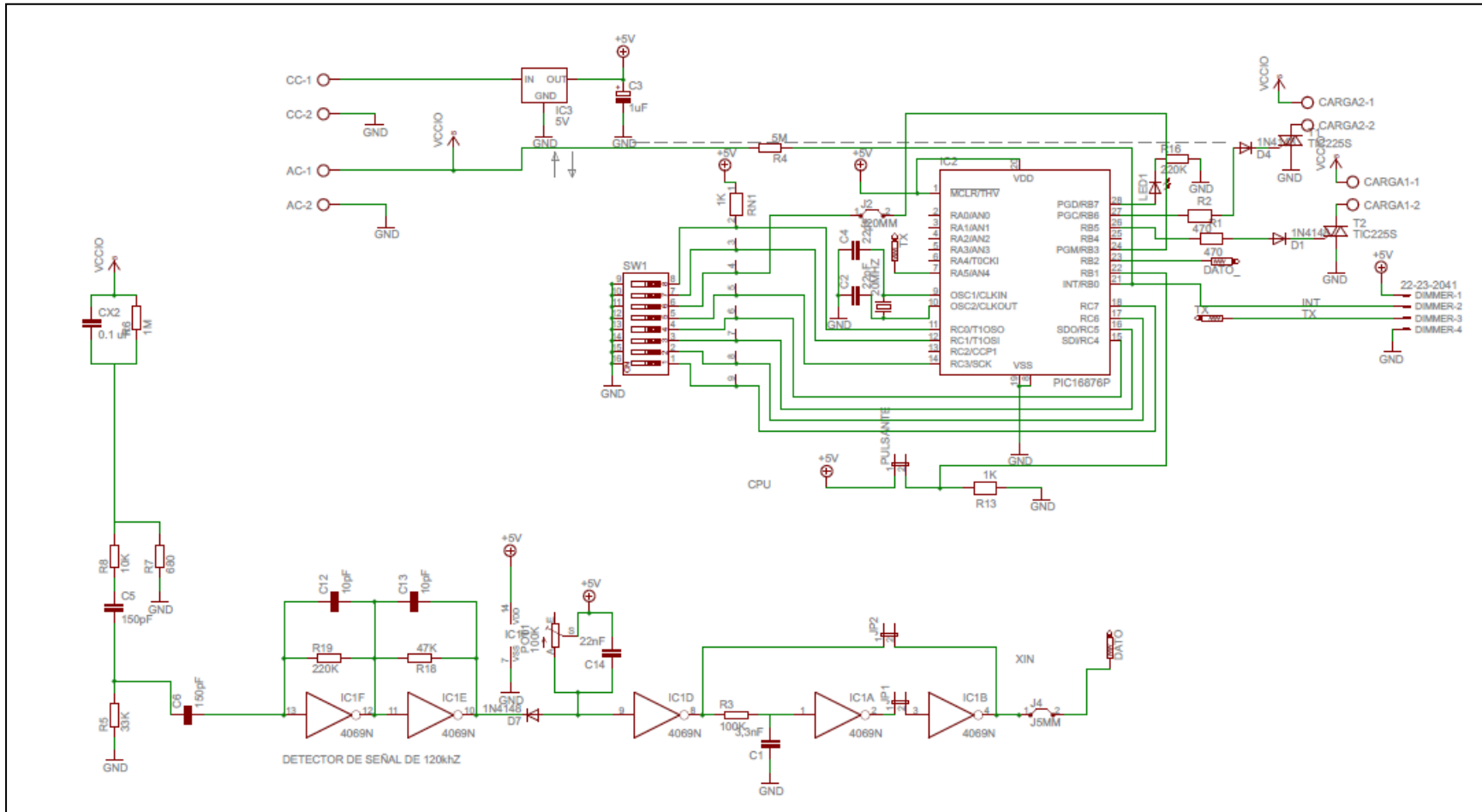


Figura 7.31. Esquema completo para el módulo de iluminación

### Dimmer con el 16f628

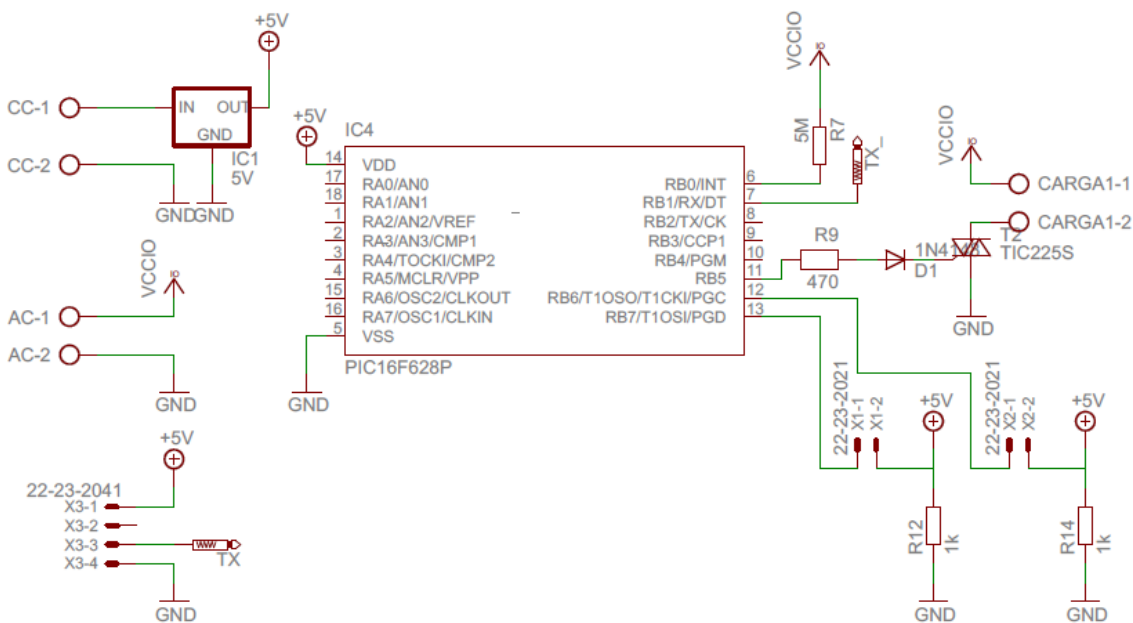


Figura 7.32. Esquema completo para el modulo dimmer

### 7.10 Control de tomacorrientes

Para el control de tomacorrientes se considera que son cargas las cuales no se requiere control del voltaje es decir requieren un voltaje constante para su funcionamiento. En la grafica 7.33 se tiene el diagrama de bloques del sistema de tomacorrientes

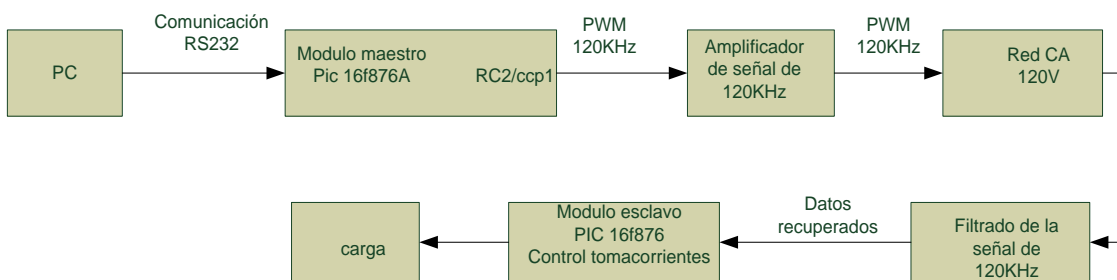


Figura 7.33. Diagrama de bloques control de toma corrientes

## 7.11 Conexión con el modem GSM

### 7.11.1 Interfaz PC-Modem.

El modem GSM elegido tiene integrada una interfaz para el puerto serie RS-232, por lo que se implementará una comunicación directa con la PC mediante Visual Basic para obtener los datos correspondientes del modem.

Los parámetros elegidos para esta comunicación serán los siguientes:

- 9600 bps.
- 8 bits.
- Sin paridad.
- 1 bit de 'stop'.

### 7.11.2 Selección de equipos de comunicación

#### Sistema fijo

El sistema digital de la figura 7.34 está constituido mediante una PC que es el modulo de control con la cual se crea una interface con el modem y permite que el sistema en conjunto pueda controlarse remotamente desde un equipo móvil permitiendo realizar algunas actividades mediante un mensaje de texto, por ejemplo la función principal del modem es enviar mensajes de aviso al usuario acerca del estado de los sensores.

Esquema de comunicación

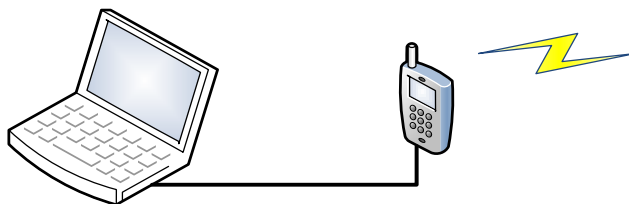
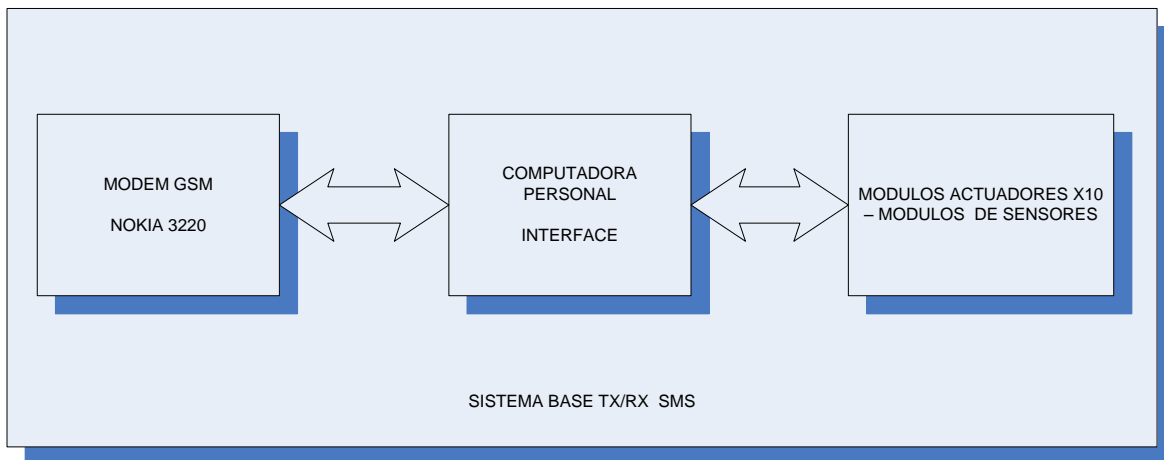


Figura 7.34. Sistema fijo

### 7.11.3 Descripción del hardware

El hardware necesario para el funcionamiento del sistema se muestra en el diagrama de bloques de la figura 7.35 el cual presenta los medios de comunicación necesarios para interactuar con el modem GSM.



*Figura 7.35. Diagrama de bloques del sistema de comunicación GSM*

Para facilidad de manejo del sistema GSM y la interacción con los elementos de comunicación X10 se lo ha dividido en tres diferentes etapas cada una con sus respectivos modos de funcionamiento los cuales desempeñan sus respectivas tareas asignadas que se describen a continuación:

1. El celular Nokia 3220 activado para cualquier operadora es el que transmite y recibe información (mensajes) el mismo que cumple con la función de modem para dar avisos sobre el estado de los sensores y también activación y desactivación del modulo de sensores.
2. La segunda etapa constituida por un modulo de control que es el centro de control que está compuesto por la PC y software, que es el encargado de receptor la información del modem y ésta información enviar a cada uno de los módulos de actuación.
3. En esta etapa comprende los dispositivos conectados a la etapa de control entre los cuales se tiene: los módulos de iluminación, dispositivos sensores, etc.



## 7.12 Algoritmos de los microcontroladores

### 7.12.1 Algoritmos y diagramas

Los diagramas de flujo que realiza las acciones de transmisión y recepción para realizar las diferentes actividades se muestran a continuación tanto para el transmisor como para el receptor.

### 7.12.2 Comunicación entre la PC y el modulo maestro x10

Para efectuar la comunicación con la PC se configura la velocidad de comunicación que en este caso es de 9600 bps, 8 bits sin paridad y con un bit de parada en la interface de usuario de Visual Basic.

Para configurar el PIC 16f876A se debe usar la directiva `#use rs232` y configura de la siguiente manera:

```
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
```

en donde se establece la velocidad, sin paridad, los pines de transmisión y recepción y también el numero de bits.

Luego de haber configurado los parámetros de los puertos de comunicación se procede al envío y a la recepción de los comandos.

Para enviar los comandos desde la PC únicamente se envían los códigos necesarios los cuales son `house_code`, `Key_code` y `ext_code`, este último código se lo emplea en el dimmer y para activar las diferentes triacs en los módulos. Luego de enviar estos códigos el PIC se encarga de hacer las comparaciones necesarias y enviar los códigos en cada cruce por cero de la señal senoidal la que sirve como una señal de sincronismo para el envío de cada bit, cada uno de los bits serán modulados con un PWM a la frecuencia de 120KHz con una duración de 1 *ms* se envían la cantidad de 14 bits cuando se termine de enviar todos los bits de nuevo se procede a esperar nuevos datos, o si se requiere hacer un nuevo envío de datos, el diagrama de flujo correspondiente se presenta en la figura 7.36.



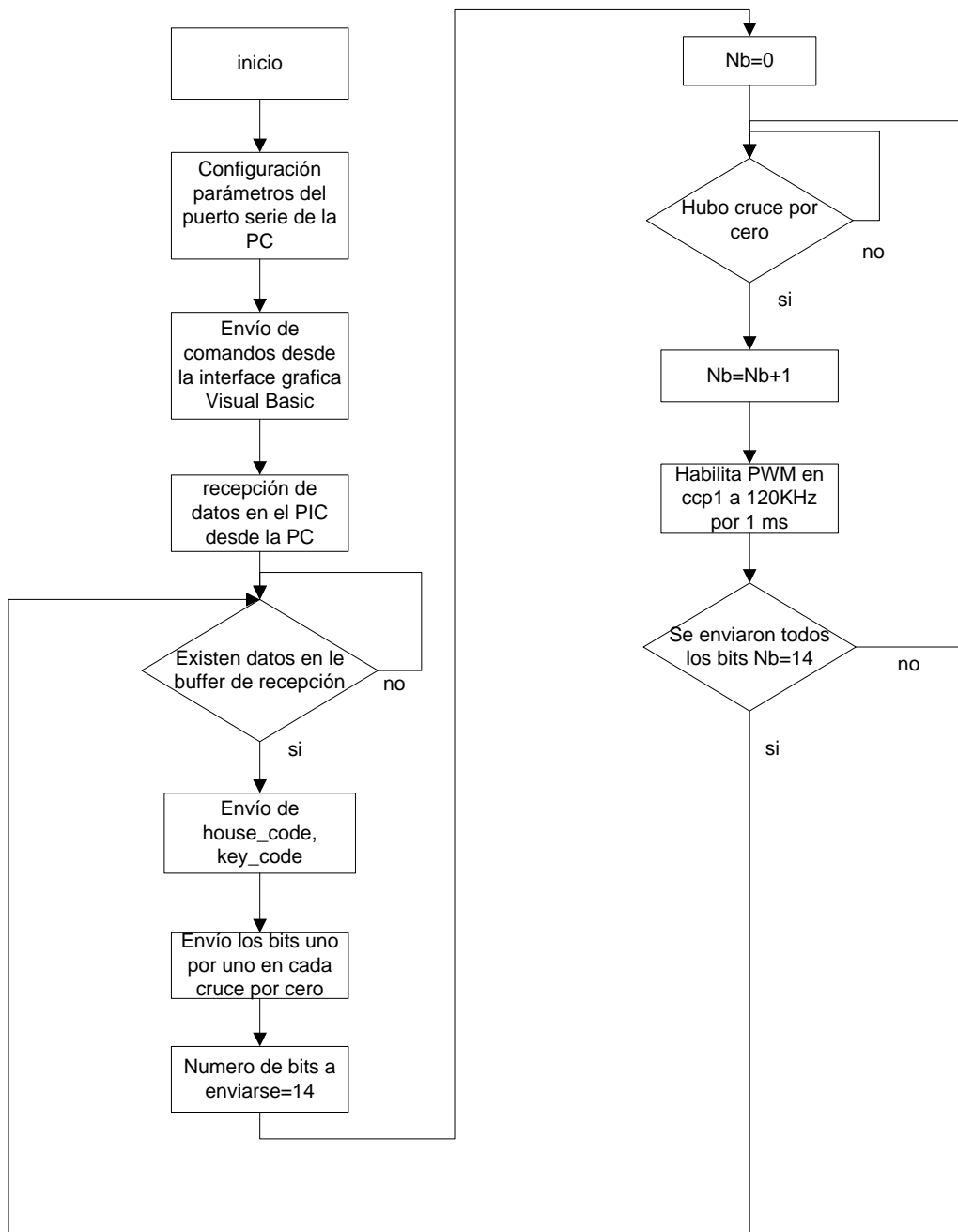


Figura 7.36. Comunicación PC modulo maestro



### 7.12.3 Comunicación entre módulos

La comunicación entre módulos se lo realiza de manera similar para la transmisión como se ha descrito en la sección anterior, ahora se procede a recibir los datos que se han enviado desde el modulo maestro, de manera que se debe definir el numero de bits que se van a recibir para comenzar a recibir los datos que se han enviado primero se detecta que exista un pulso en alto en el pin RB2 este será el primer bit que se ha enviado con lo cual se comienza a recibir consecutivamente los demás bits que vayan llegando posteriormente se termina la recepción de datos cuando se haya recibido todos los bits que se han definido, este modo de recepción esta sincronizado en cada cruce por cero, esto quiere decir que cuando se ha enviado el primer bit en el receptor comienza a recibir hasta que se termine enviar todos los bits.

Todos los bits que se han recibido se almacenan en un vector, con estos datos se hace una comparación con los datos que están presentes en el puerto C en donde se encuentra conectado un dip switch con el que se define los códigos house\_code y Key\_code, de este modo cada modulo del sistema tiene su propia identidad, el diagrama de flujo se presenta en la figura 7.37.

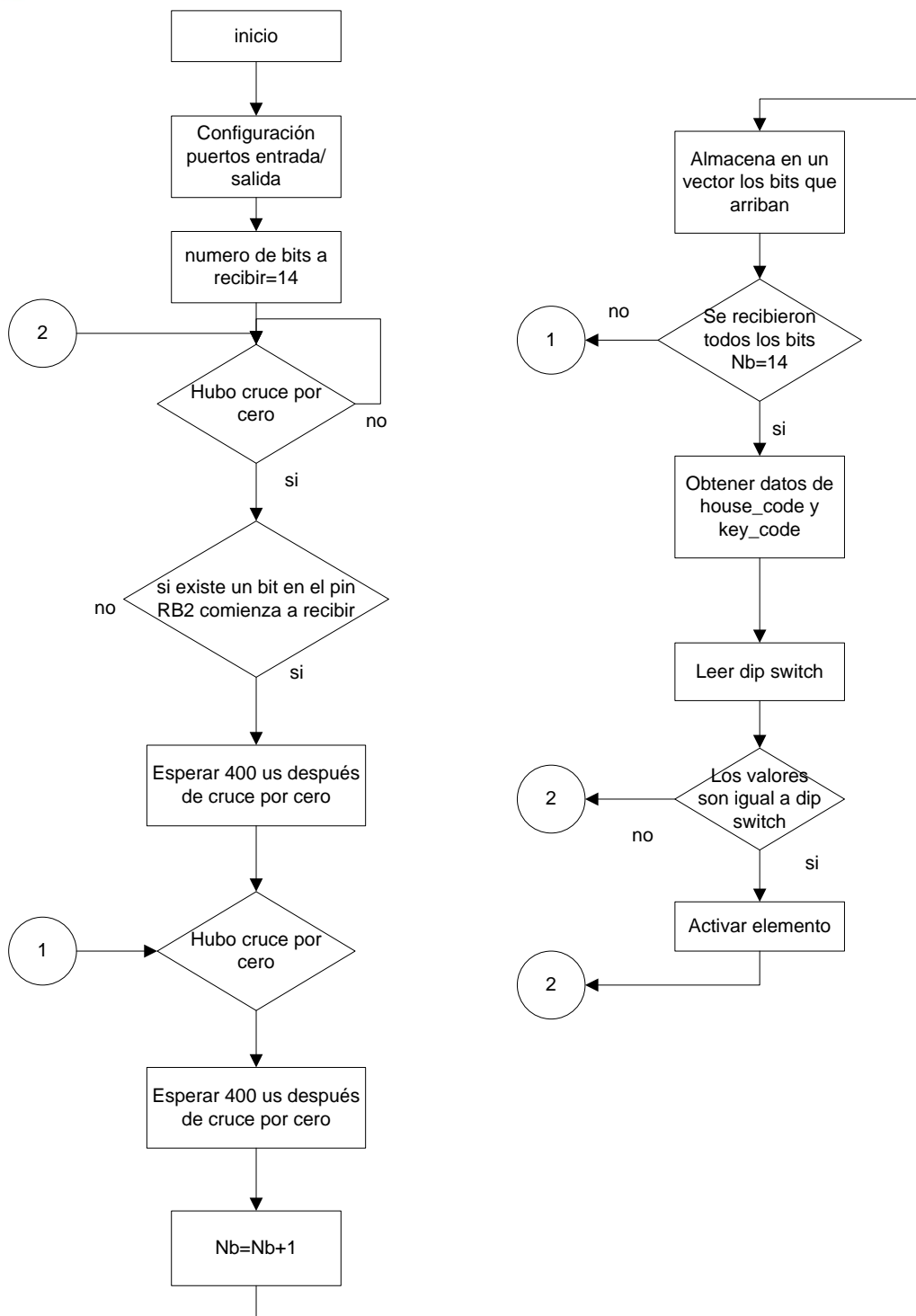


Figura 7.37. Recepción de datos

#### 7.12.4 Algoritmo para activar el modulo de sensores

Para activar el módulos de sensores se sigue el mismo procedimiento de la comunicación entre módulos se procede a recibir los datos que se han enviado desde el modulo maestro, al definir y el numero de bits a recibir sincronizados en cada cruce por cero, esto quiere decir que cuando se ha enviado el primer bit en el receptor comienza a recibir hasta que se termine enviar todos los bits.

Luego de recibir todos los datos se compara con los datos que están presentes en el puerto C en donde se encuentra conectado un dip switch con el que se define los códigos `house_code` y `Key_code`, el diagrama de flujo se presenta en la figura 7.38.

Cuando se encuentre el modulo de sensores activado, también se habilita la interrupción timer 1 con el cual se procede a esperar hasta que un sensor se active cuando esto sucede se espera 3 segundos antes de enviar una señal de alarma esto se repite hasta que el sensor se desactive, en el caso que se desactive el modulo sensor entonces si cualquier sensor se activa no ocurrirá nada es decir no se enviara ninguna clase de aviso hacia el modulo maestro.

##### 7.12.4.1 Cálculos para el timer1

Con una frecuencia de oscilación  $F_{osc} = 20MHz$  y un *prescaler* = 8

Fórmula para el tiempo de desbordamiento

$$T = T_{CM} * Prescaler * (65536 - carga TMR1)$$

Donde  $T_{CM} = 4/F_{osc}$

Entonces se tiene que se debe realizar una interrupción con el timer1 cada 0,2 segundos y el periodo parcial es de 0,1s con lo que se calcula el valor de carga del timer1 se tiene:

$$0,1s = \frac{4}{20MHz} * 8 * (65536 - carga TMR1)$$

Se obtiene que  $carga TMR1 = 3036$

Ahora con un tiempo de interrupción de 0,2 segundos se realiza un contador hasta 15 entonces para hacer una lectura de los puertos donde se conectan los sensores cada 3 segundos se hace los siguiente:  $15 * 0,2s = 3s$ .

Cuando un sensor es activado se envía los códigos siguientes: `house_code`, `key_code` y `ext_code`, siendo este último código el cual indicara cual sensor fue activado, el diagrama de flujo se presenta en la figura 7.38.

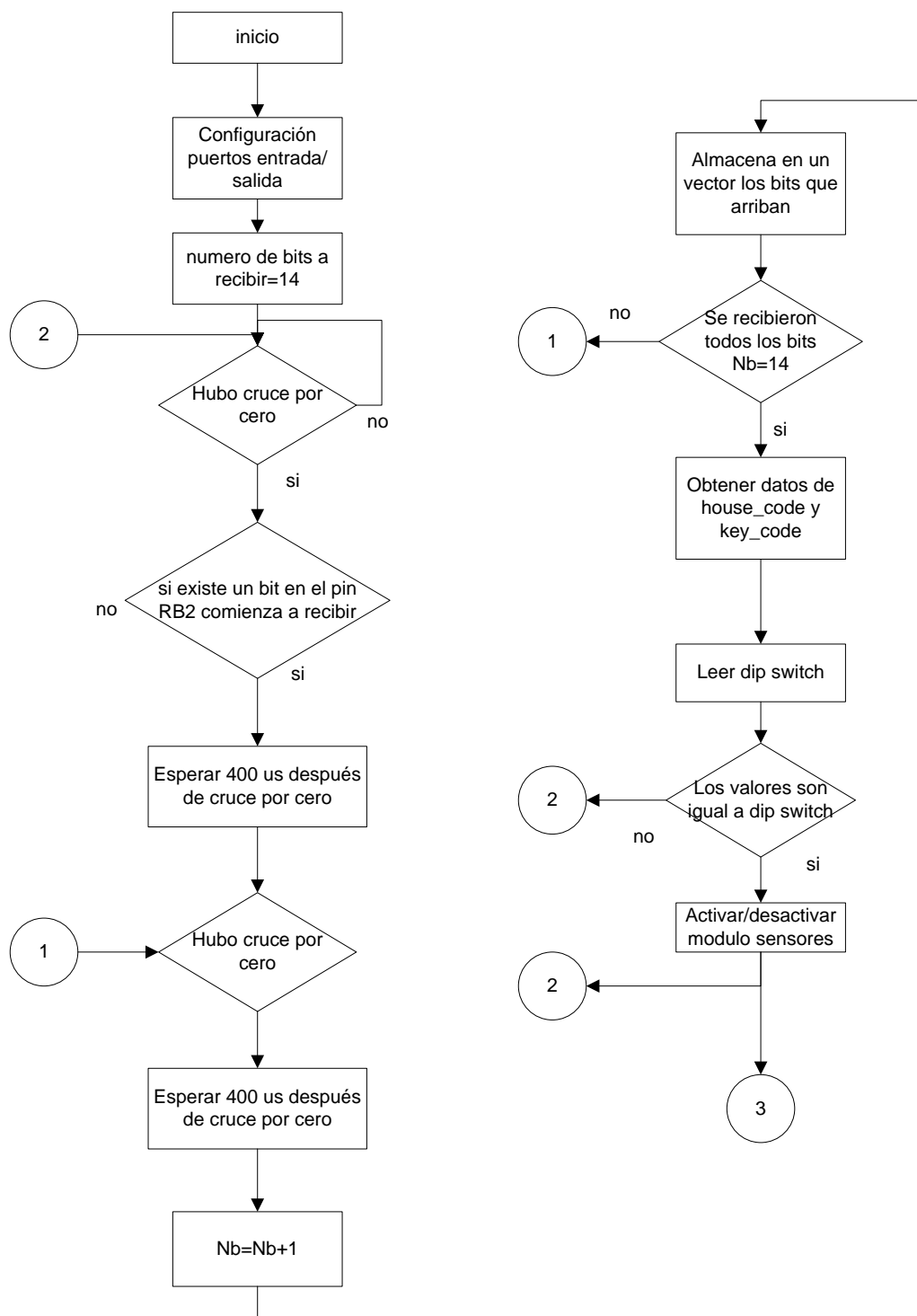


Figura 7.38. Activación y desactivación del modulo de sensores

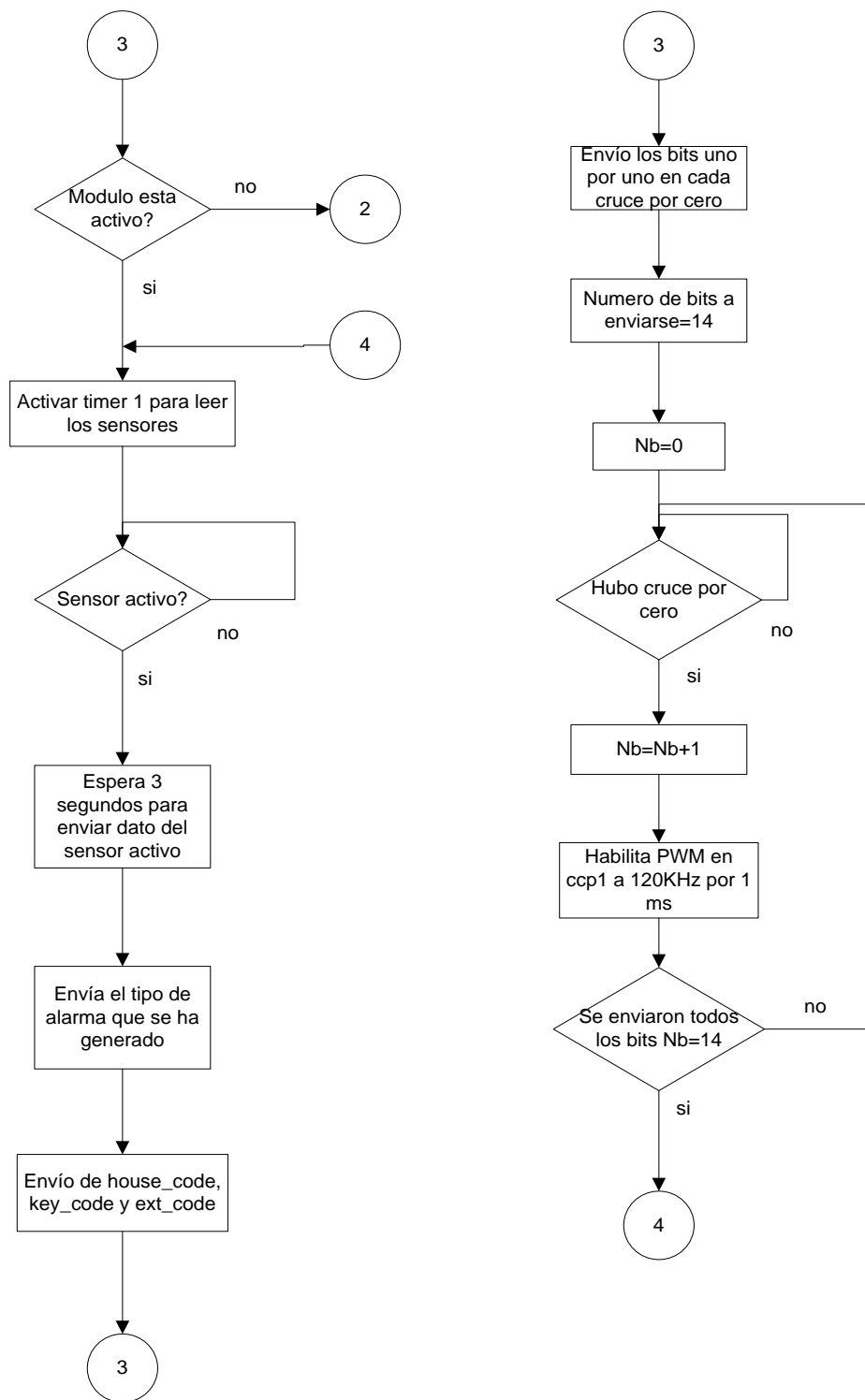


Figura 7.39. Diagramas de flujo para envío de alarmas

## 7.12.5 Algoritmo para control de iluminación

### Control de iluminación “dimmer”

El diagrama de flujo de programación requerido se presenta en la figura 7.42.

Primero comienza configurando los puertos de entrada-salida del PIC, cuando se detecta el cruce por cero de la onda senoidal y configura el timer0 del PIC para temporizar el encendido del triac. Si ya cruzó por cero se inicia el conteo de tiempo, que puede ser de 0.8ms a 8ms según la cantidad de iluminación que se requiera.

Se lee el estado de los botones de incremento-disminución de iluminación, y de acuerdo a la variable obtenida realiza el cálculo del tiempo que tardará en activar el triac, de igual manera esto se obtendrá el mismo efecto si se lo manipula desde la PC de control. El botón "+" incrementará el contenido de un registro de 8 bits, de la misma forma el botón "-" disminuirá en uno ese registro. Los números que este registro puede contener son desde 0 hasta 255.

El contenido del registro de 8bits es modificado en cada cruce por cero siempre y cuando el usuario presione el botón "+" ó "-" o se envíe dicha información remotamente desde la PC de control. Cuando el timer0 se ha desbordado, se obtiene un pulso de 100us para activar la compuerta del triac para activar el foco y el programa se mantiene con los últimos datos ingresados y cambiara estos valores hasta que el usuario los decida cambiar.

#### 7.12.5.1 Cálculos para el dimmer

Para un reloj interno de 4 KHz el cual contiene el 16f628 se procede a calcular el valor para el timer0, ahora el tiempo de desbordamiento del timer0 se calcula con la formula

$$T = T_{CM} * prescaler * (256 - carga TMR0)$$

Para un oscilador de 4 MHz

$$T_{CM} = \frac{4}{4MHz} = 1us$$

La media onda senoidal dura 8,33 ms como se observa en la figura 7.40, entonces el tiempo de desbordamiento debe ser cada intervalo de tiempo de 8,33 ms.

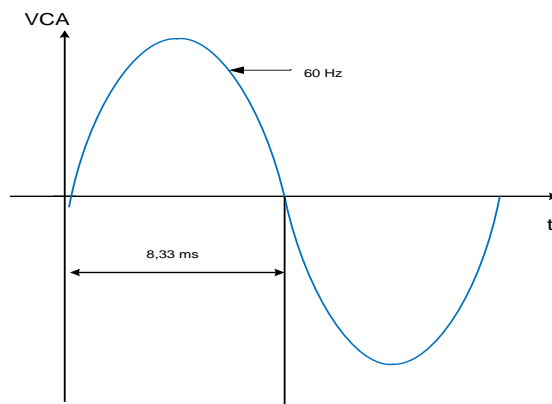


Figura 7.40. Duración de la semionda

Para obtener el valor de carga del timer0 con un valor de prescaler de 32 (prescaler=divisor de frecuencia programable) y luego se iguala el intervalo de tiempo de la semionda lo cual queda de la forma

$$8,33ms = 1us * 32 * (256 - timer0)$$

Lo cual se obtiene un valor de  $timer0 = 6$  este valor se puede representar como el 0% de iluminación.

Para obtener un valor cercano al 100% de iluminación se considera que el tiempo que se tarda en encender es de 0,8ms se tiene que:

$$0,8ms = 1us * 32(256 - timer0)$$

Se tiene un timer0 de 231 para el 100% de iluminación

La pendiente m de la figura 7.41 para relacionar luminosidad con valor timer0 es:

$$m = (231 - 6)/(255 - 0) = 0,8823$$



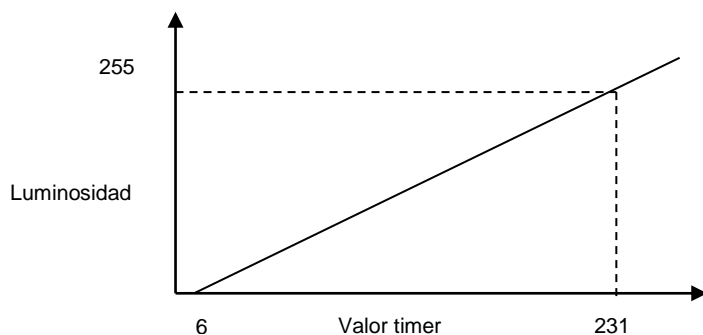


Figura 7.41. Grafica dimmer

Entonces se tiene la fórmula para obtener el valor de timer0 que es

$$\text{Valor\_tmr0} = 0,8823 * \text{luminosidad} + 6$$

En donde dependiendo del valor de *luminosidad* que se haya enviado se obtiene un nuevo valor del timer.

Si luminosidad=255:

$$T = 0,1\mu s * 32 * (256 - (0,8823 * 255 + 6))$$

$$T = 0,8ms, \text{luz} \rightarrow 100\%$$

Si luminosidad=0:

$$T = 0,1\mu s * 32 * (256 - (0,8823 * 0 + 6))$$

$$T = 0,8ms, \text{luz} \rightarrow 0\%$$

A continuación en la grafica 7.42 se presenta el diagrama de flujo para el receptor de comandos y en la grafica 7.43 modulo control del dimmer.

Diagrama de flujo para receptor 16f876A

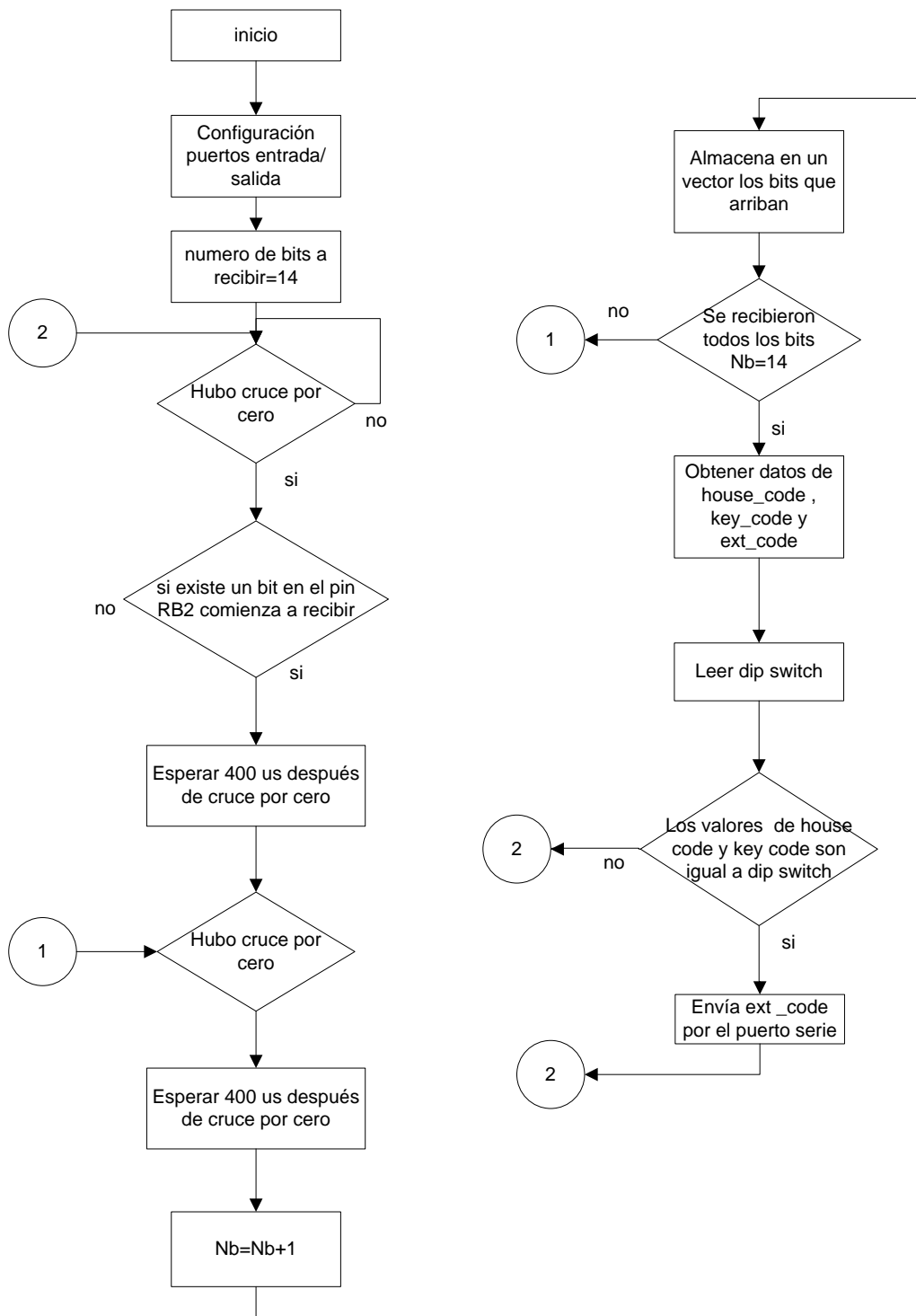


Figura 7.42. Diagrama de flujo de recepción para enviar al modulo dimmer

Diagrama de flujo para dimmer 16f628A

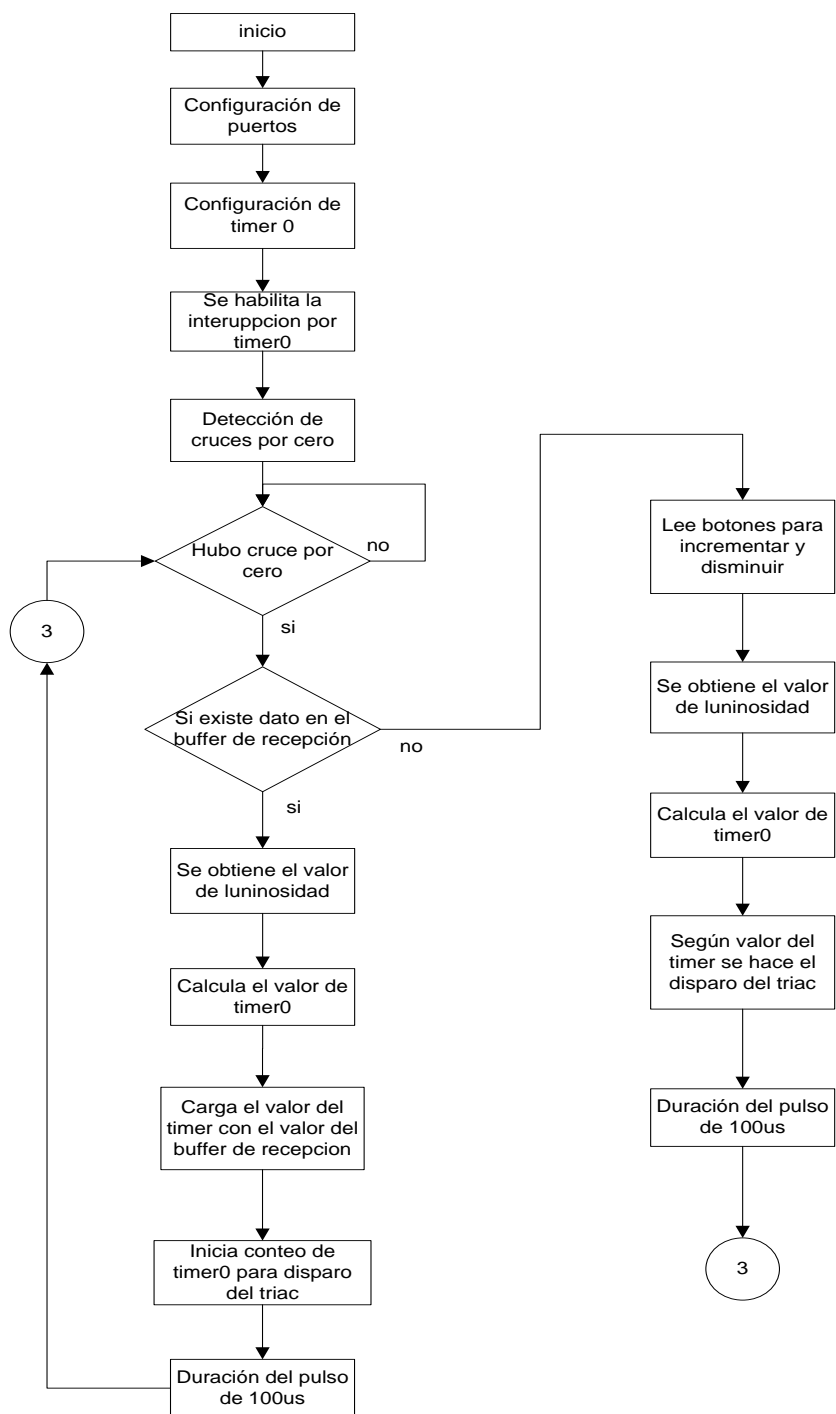


Figura 7.43. Diagrama de flujo para el control de dimmer



### 7.13 Algoritmos Visual Basic

Para el funcionamiento de la etapa de control se inicia configurando los puertos de entrada y salida para tener el control de todos los dispositivos conectados a la PC.

Estos parámetros se debe configurar en la interface de usuario en la PC de esta manera se podrá conseguir la correcta comunicación, en el programa de Visual Basic existe el componente MSComm en donde se puede configurar los parámetros mencionados lo cual queda de la siguiente manera:

With MSCommX

```
.CommPort = "numero de Puerto a usar"
```

```
.Settings = "9600, N, 8, 1"
```

```
.Handshaking = comNone
```

```
.RTSEnable = True
```

```
.EOFEEnable = False
```

```
.InBufferSize = 1024
```

```
.DTREnable = True
```

```
.RThreshold = 1
```

```
.SThreshold = 1
```

```
.InputMode = comInputModeText
```

```
.InputLen = 0
```

```
.PortOpen = True
```

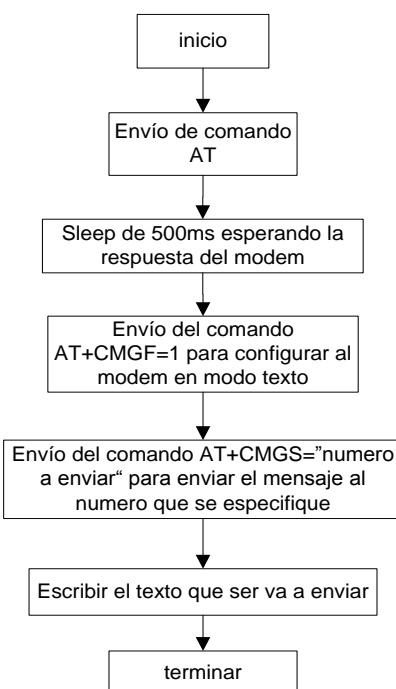
End With

Los puertos que son necesarios para la conexión del modem GSM, los módulos transceptores y para el control de los módulos X10 que se configuran de manera similar donde se elige el número de puerto para activarlo.

#### 7.13.1 Etapa de envío de mensajes y recepción

En esta etapa se considera el uso de los comandos AT descritos en el capítulo 5 primero se describe el modo de envío de un mensaje desde el modem: primero se envía el comando de atención AT en donde el dispositivo inmediatamente

responderá OK esto quiere decir que está listo para seguir recibiendo los además comandos que se tenga disponibles, se configura en modo de texto con el comando AT+CMGF=1 para el envío del mensaje, luego de que el modem haya aceptado estos parámetros se procede a la escritura del texto y el ingreso del numero de destino para que inmediatamente el modem haga el envío correspondiente al destinatario indicado, en la figura 7.44 se presenta el diagrama de flujo para el envío de mensajes.



*Figura 7.44. Diagrama de flujo para el envío de un mensaje*

Para la recepción de mensajes se ha colocado un timer en Visual Basic con el cual se configura el tiempo que se puede esperar para leer desde la PC el modem debido a que el modem no envía automáticamente datos sin que el usuario lo requiera, entonces con este timer se hará la lectura del modem si contiene mensajes nuevos con el comando AT+CMGL="REC UNREAD" de modo que cuando se obtenga la respuesta del modem se visualiza en la ventana de Visual Basic el texto del mensaje, caso contrario la respuesta será error lo que significa que no existe mensajes nuevos en la bandeja de entrada a continuación en la figura 7.44 el diagrama de flujo para la recepción de mensajes de texto.

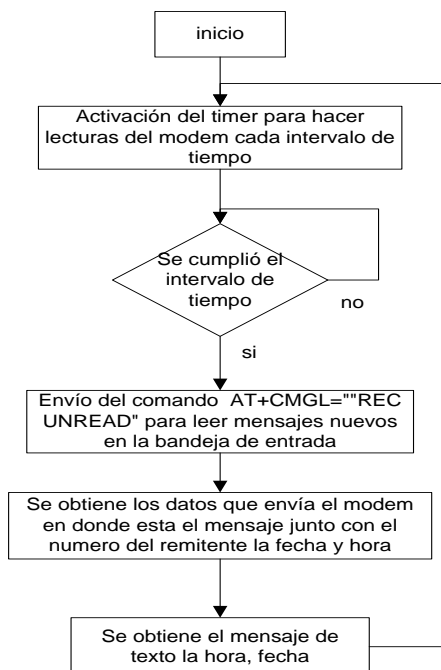


Figura 7.45. Diagrama de flujo para la recepción de mensajes

### 7.13.2 Lista de comandos recibidos por SMS para la etapa de control.

Cuando un mensaje llega al teléfono receptor, el sistema de control debe extraer esta información, la misma que está establecida en la programación del mismo y son comandos asignados por el programador que se detallan a continuación.

Comando	Significado	Control del evento
ALARMA.ON	Habilita la alarma	Habilita el sistema de alarma
ALARMA.OFF	Deshabilita la alarma	Deshabilita el sistema de alarma

Tabla 7.1. Comandos usados

Se debe respetar el modo de escritura del comando descrito en la tabla ya que si no se lo hace se corre el riesgo de que el sistema no proceda a la ejecución de las tareas programadas.

### 7.13.3 Diagrama de flujo de la etapa de control Visual Basic

En la etapa de control los mensajes se leen corresponden a comandos de control debido a que si el texto corresponde a los comandos definidos se puede realizar las acciones que se requieran, en caso que los mensajes que arriben no correspondan a los comandos definidos inmediatamente se descartan y no se

produce ninguna acción. En el diagrama de flujo de la figura 7.46 se presenta el procedimiento.

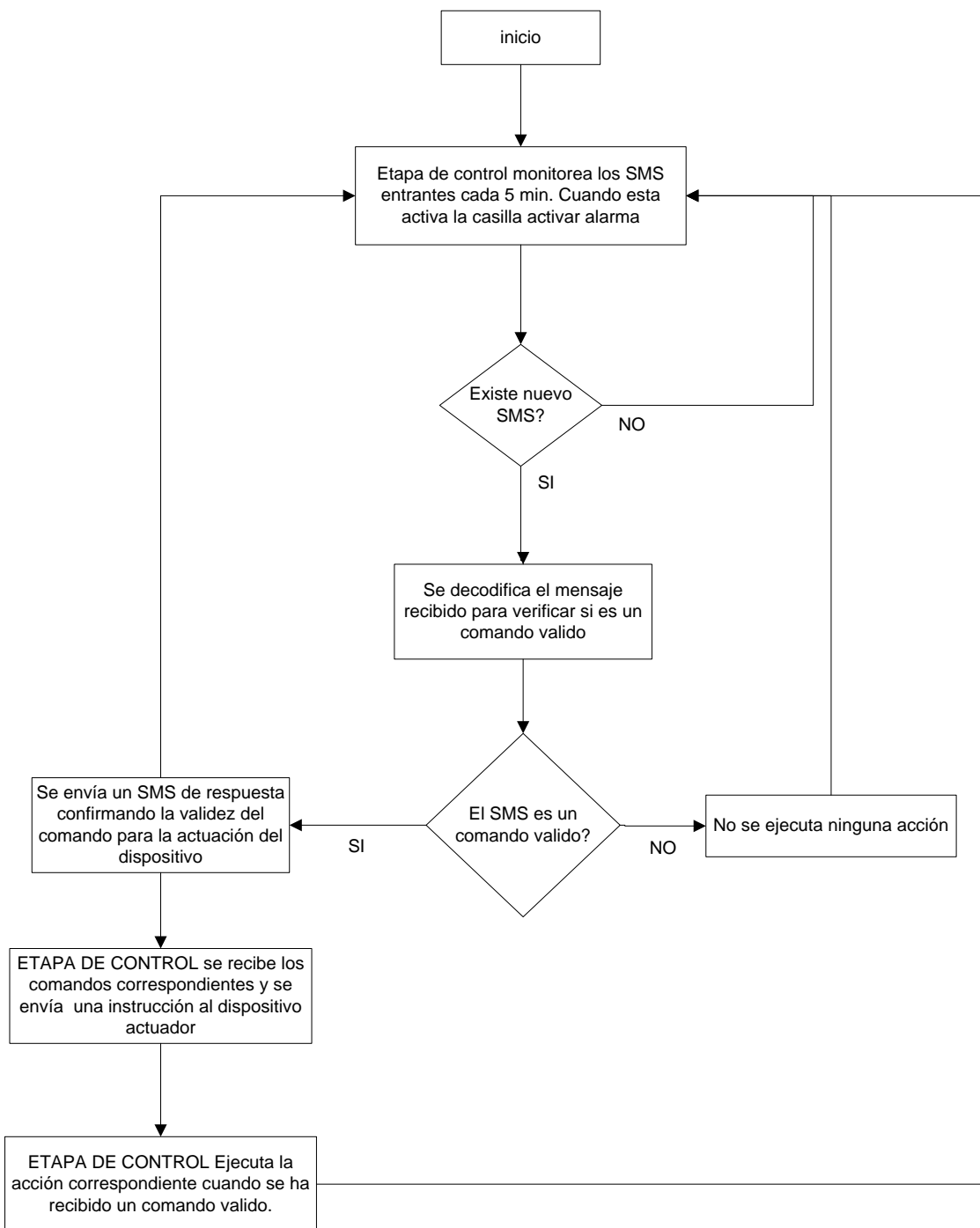


Figura 7.46. Diagrama de flujo de funcionamiento de la etapa de control con un SMS

### 7.13.4 Algoritmo para el sistema de aviso de alarmas

Cuando en el modulo de sensores se haya producido una alarma esta es enviada inmediatamente, el modulo maestro es el encargado de enviar estos datos hacia la PC e inmediatamente se hace las comparaciones para saber qué tipo de alarma se ha generado y si las comparaciones son correctas se activa una ventana con una cuenta regresiva para de 30 segundos cuando llegue a cero se procede a enviar en mensaje de texto con el tipo de alarma que se ha generado y también se envía un mensaje hacia los módulos transceptores cercanos. En la figura 7.47 se muestra el diagrama de flujo.

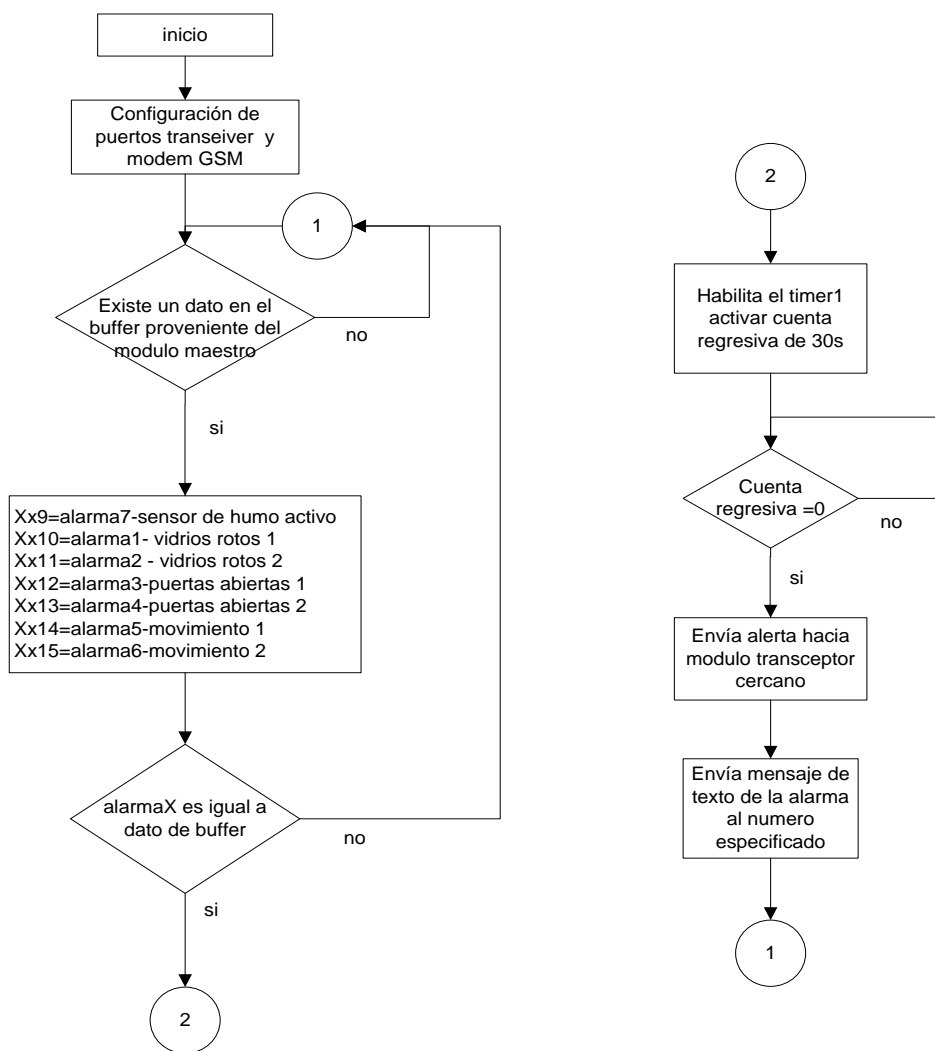


Figura 7.47. Diagrama de flujo para aviso de alarmas





### 7.13.5 Algoritmo para el transceptor

Para el envío de una señal de alarma es decir envía un texto hacia otros módulos cercanos que son parte del sistema de manera que otros usuarios puedan enterarse de algunas anomalías que se informe por parte de otros módulos.

Si existe alguna irregularidad dentro del perímetro del sistema de seguridad la PC va a enviar un aviso a todos los módulos transceptores los cuales al recibir esta información mostrara un mensaje en la pantalla de todas las PC de control de otros usuarios.

Estos dispositivos son parte del sistema de seguridad ya que luego de que los módulos de los sensores den aviso sobre la lectura de los sensores conectados al mismo estos módulos envían los comandos correspondientes hacia la PC sobre el sensor que se ha activado, posteriormente se traduce estos comandos a mensajes de aviso que se pueden enviar hacia los demás transceptores con *el tipo de alarma* que se ha generado y el *nombre del modulo transceptor* que lo envía y al mismo tiempo se envía un mensaje de texto con el modem GSM con el texto de la alarma que se ha activado el diagrama de flujo se presenta en la figura 7.48.

TRANSMISOR Y RECEPTOR

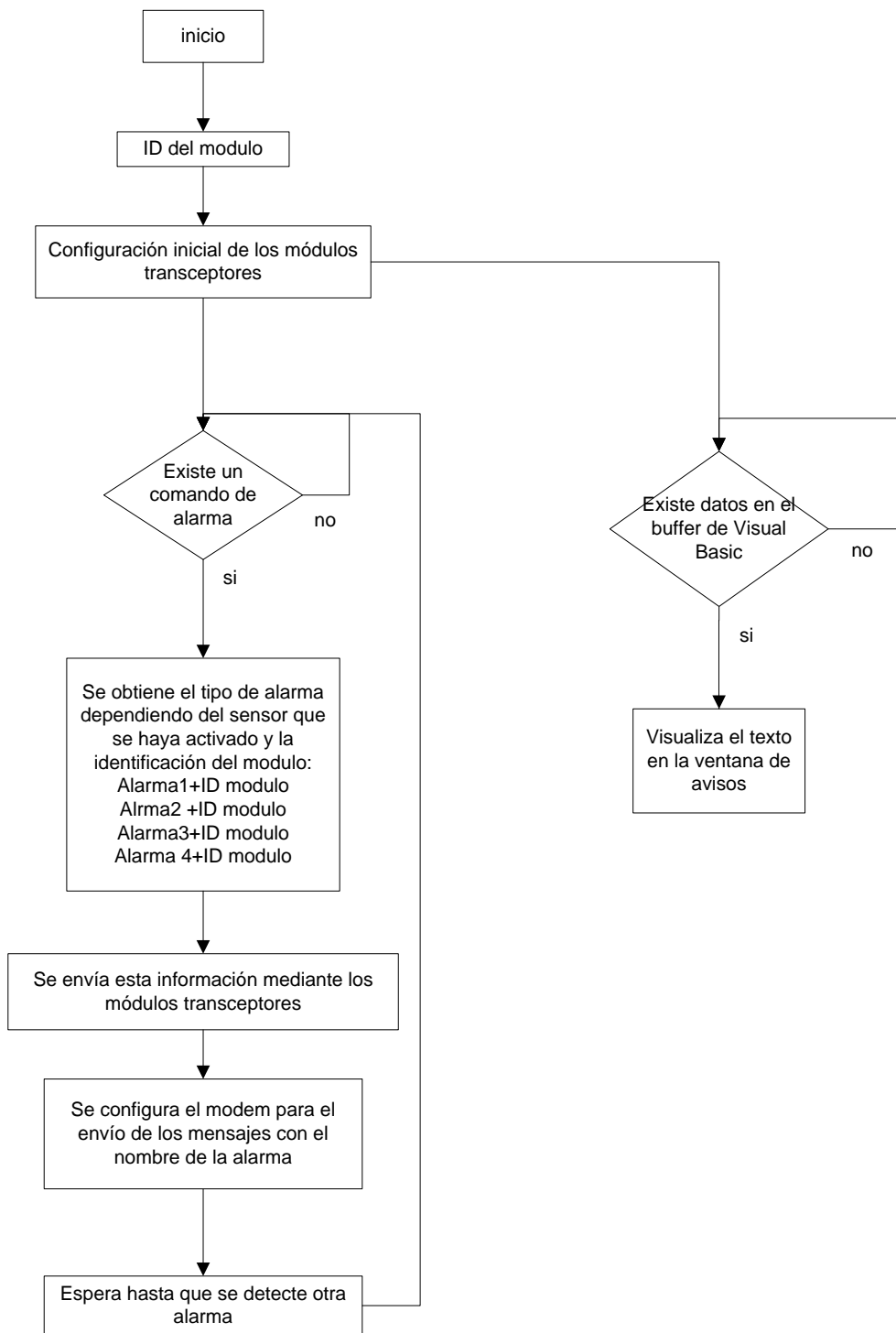


Figura 7.48. Diagrama de flujo del modulo transceptor

### 7.13.6 Lista de tipos de alarmas para avisos vía transceptores y SMS.

Cuando se ha producido una alarma se debe enviar un aviso mediante un mensaje de texto mediante el modem GSM, y también mediante los módulos transceptores, en la tabla 7.2 se tiene los tipos de alarma que se deben enviar dependiendo de cual sensor se ha activado, estos comandos son establecidos en el programa de Visual Basic.

Dato en buffer	Comando	Significado	evento
A110	ALARMA1	sensor de sonido1	vidrios rotos 1
A111	ALARMA2	Sensor de sonido2	vidrios rotos 2
A112	ALARMA3	Magnéticos abiertos	Puertas abiertas 1
A113	ALARMA4	Magnéticos abiertos	Puertas abiertas 2
A114	ALARMA5	S_movimiento	Movimiento zona 1
A115	ALARMA6	S_movimiento	movimiento zona 2
A19	ALARMA7	S_humo	Sensor de humo activado

Tabla 7.2. Tipos de alarma que se deben enviar

## CAPITULO 8

### Pruebas finales del equipo construido

#### 8.1 Interface de usuario

##### 8.1.1 Descripción general

Se ha creado de acuerdo al uso de los dispositivos desarrollados cuenta con varios menús en donde al dar clic en cualquiera de ellos se despliega en la pantalla cada una de las ventanas las que presentan diferentes opciones para el manejo del sistema, en la figura 8.1 se muestra la interface de usuario:

1. En el menú modem se presenta las opciones para envío de SMS, prueba de comandos AT lectura de SMS y el monitoreo de SMS nuevos.

2. La activación y desactivación de puertos el cual contiene tres botones para activar a cada uno de los puertos a usar en donde se puede seleccionar el número del puerto que está disponible.
3. La configuración de los módulos en donde se puede cambiar las direcciones con las que se identifica cada uno de los módulos en el sistema.
4. En la opción de niveles se puede apreciar el lugar físico en donde se encuentra cada modulo, realizado sobre el plano del lugar en donde se implementa.
5. En la opción de *módulos sensores* se permite activar y desactivar los módulos que contiene los dispositivos sensores ya sea manualmente o mediante un SMS.
6. La opción transeiver se tiene únicamente unos botones de prueba con los cuales se puede verificar el funcionamiento de cada uno.
7. Configuración horaria se puede seleccionar la hora en la que cada uno de los dispositivos deben actuar siendo usado para encendido/apagado de luces así como también para el control horario para tomacorrientes, etc.
8. Historial de eventos muestra la información que ha sido enviada o recibida con el modem GSM o mediante los módulos transceptores.
9. Ayuda acerca del funcionamiento.

Aparte de los menús se muestra la información acerca del modem si existe una red disponible, así como el nombre del modulo transceptor con el cual se identificara del resto del sistema. Con la interface de usuario se puede manejar todos los elementos X10 conectados a la red eléctrica, se puede manipular los elementos que se encuentren dentro del mismo local, además permite la interacción con el modem GSM y los módulos transceptores.

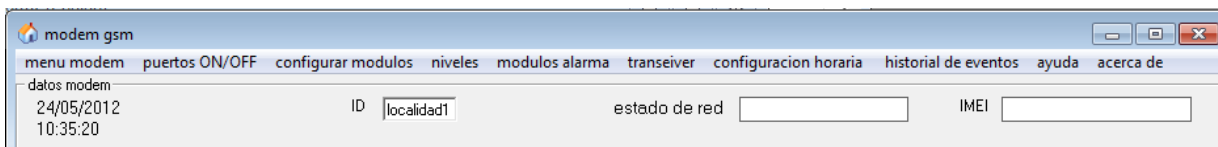


Figura 8.1. Menú interface de usuario

## 8.2 Ejecución de pruebas de verificación del equipo

### 8.2.1 Conexión a los puertos de comunicación de cada dispositivo

#### 8.2.1.1 Conexión del modem GSM

La conexión con el modem GSM se envía los comandos para obtener información de la disponibilidad de la red GSM así como el IMEI del chip con el que se encuentre el modem que se muestra en la figura 8.1. Posteriormente cuando se encuentre el modem activo se devolverá un mensaje de confirmación indicado en la figura 8.2.

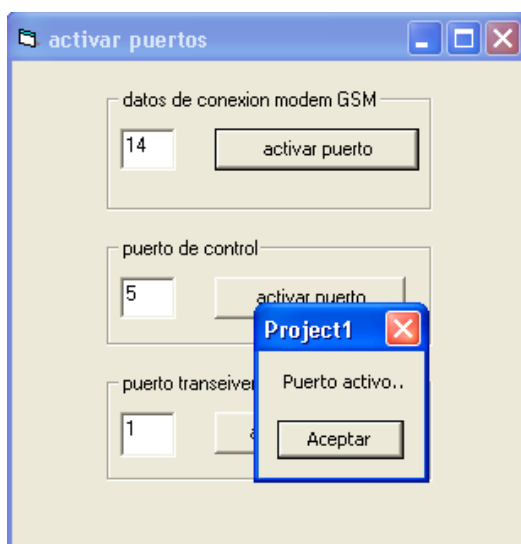


Figura 8.2. Conexión con el modem GSM

#### 8.2.1.2 Conexión del modulo maestro y el modulo transceptor

De manera similar se realiza la conexión con el modulo maestro y el modulo transceptor el modulo maestro contiene el PIC 186f76A y el modulo transceptor el PIC 16F1826 ya que cada uno contiene su puerto serie y se los configura en el fichero de cabecera del microcontrolador para lo cual se configura previamente los parámetros de velocidad, numero de bits, etc., en la figura 8.3 se tiene la ventana con todos los puertos activos.

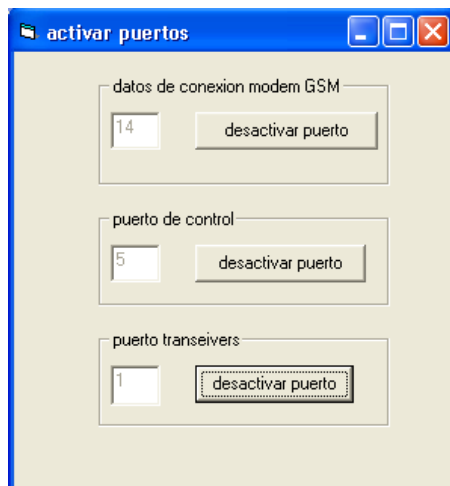


Figura 8.3. Conexión con el modulo x10 maestro y el modulo transceiver

### 8.2.1.3 Prueba de comandos AT del modem GSM

Las pruebas de conexión del modem se pueden realizar escribiendo los comandos en la ventana de la grafica 8.4 en donde se podrá observar la respuesta a los diferentes comandos que se ingresen, entonces con esta prueba se puede observar el correcto funcionamiento del modem.

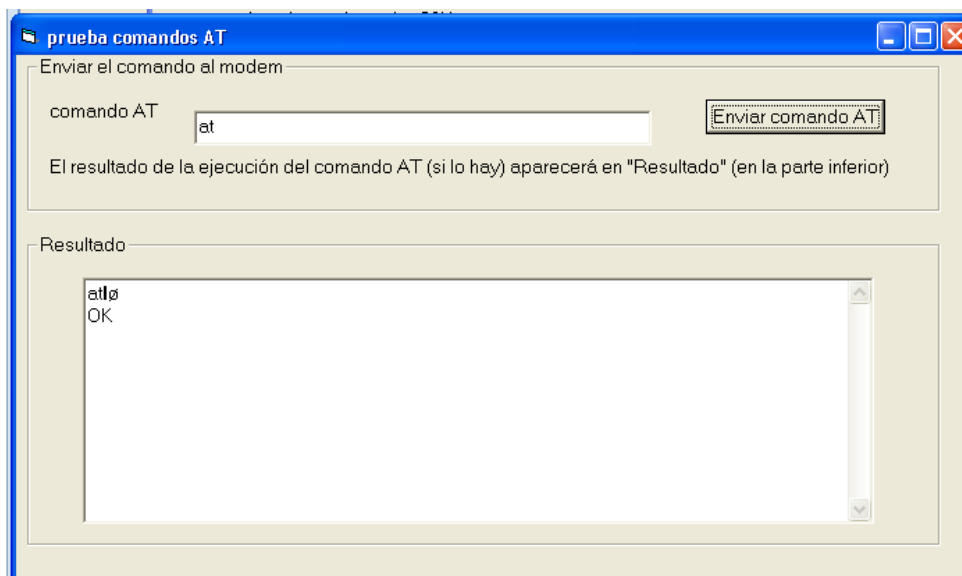


Figura 8.4. Ventana para probar el modem GSM

### 8.2.1.4 Función para el envío de SMS

Se cuenta con una función de envío de mensajes desde la PC en la interface de usuario permitiendo escribir un texto de hasta 150 caracteres en donde se tiene el

campo correspondiente para el ingreso de número de destino, en la figura 8.5 se tiene la ventana para esta aplicación.

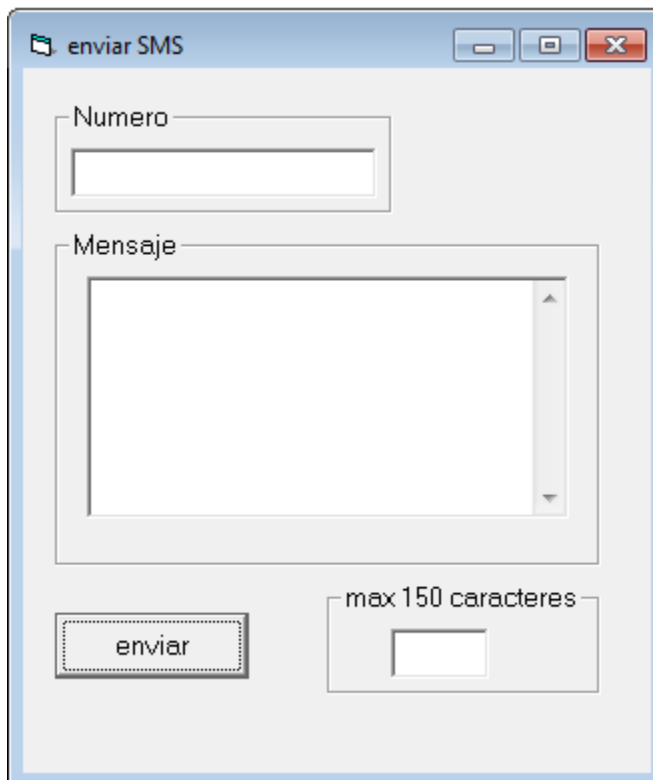


Figura 8.5. Ventana para envío de mensajes de texto

### 8.3 Configuración de los módulos

Para la configuración de los módulos del sistema se muestra en la figura 8.6 la ventana con la cual se puede llevar a cabo el procedimiento en donde se tiene los espacios para colocar los códigos los cuales son house\_code y key\_code con los cuales se puede identificar cada modulo dentro del sistema. En los campos correspondientes se puede colocar letras desde la A hasta O los cuales son 15 letras de igual manear números del 1 al 15. Todos los códigos para cada modulo deben ser diferentes.

En la ventana de *configuración de módulos* se puede observar que para el control del dimmer así como para el encendido de luminarias que no permiten regulación de voltaje se tiene la misma dirección ya que en el mismo modulo se tiene disponibles varios triac disponibles.

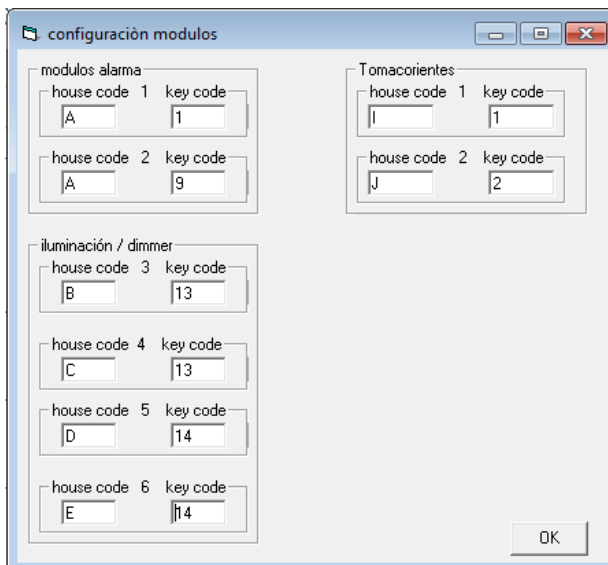


Figura 8.6 .Configuración de módulos

En la tabla 8.1 se muestra todos los códigos posibles que se puede enviar para identificar a los módulos en donde el dip switch se numera desde el número 1 al 4 lo que define el house\_code y desde el 5 al 8 define el key\_code.

VALORES POSIBLES		POSICION DE LOS DIP SWITCH			
		8	7	6	5
Key_code		8	7	6	5
house_code		4	3	2	1
A	1	0	0	0	1
B	2	0	0	0	0
C	3	0	0	0	1
D	4	0	0	1	0
E	5	0	0	1	1
F	6	0	0	1	0
G	7	0	0	1	1
H	8	1	1	0	0
I	9	1	1	0	1
J	10	1	1	0	0
K	11	1	1	0	1
L	12	1	1	1	0
M	13	1	1	1	1
N	14	1	1	1	0
O	15	1	1	1	1

Tabla 8.1. Posición para los dip switch para house\_code y Key\_code



Una vez definido las direcciones para el house\_code y Key\_code se puede manejar cualquier dispositivo del sistema se puede llevar a cabo las funciones de activación o desactivación del sistema de alarmas así como las cargas de iluminación o tomacorrientes.

## 8.4 Activación del sistema de alarma

### 8.4.1 Por medio de un mensaje

Para habilitar el sistema de alarma por medio de un SMS lo primero que se hace es activar la casilla de espera de SMS para que el sistema monitoree mensajes nuevos en el buzón de entrada del modem.

Se puede observar que el sistema de alarma se puede activar por medio de un mensaje de texto con escribir desde un teléfono móvil “ALARMA.ON” y en unos instantes la PC hará lectura del modem y se obtendrá el mensaje y si la sintaxis es correcta se activará el sistema de alarma quedando completamente habilitado, en la figura 8.7 se muestra dicho procedimiento.

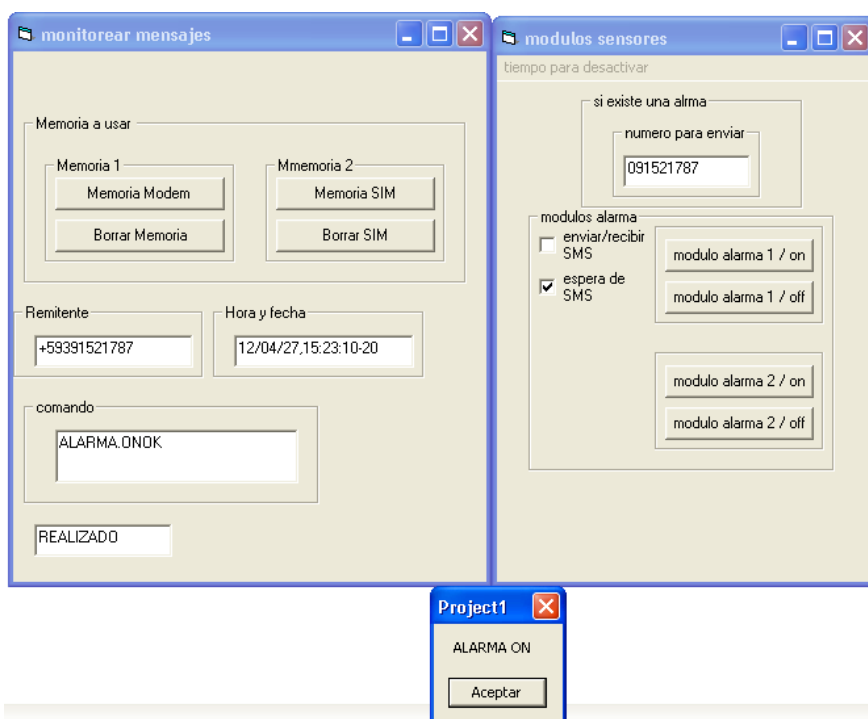


Figura 8.7. Mensaje para habilitar el sistema de alarma

Posteriormente cuando se recibido el comando correspondiente se activa la casilla “enviar/recibir SMS” se envía un mensaje de texto de respuesta hacia el usuario

informando que la tarea se ha llevado a cabo. En la figura 8.8 se muestra como queda el sistema de alarma activo. Con esta opción activa el sistema quedara activo permitiendo enviar un SMS en caso exista una alarma para informar con su respectivo tipo de alarma.

El envío de estos mensaje se llevaran a cabo al número especificado en la parte superior este número se lo puede cambiar para el envío hacia diferentes números.

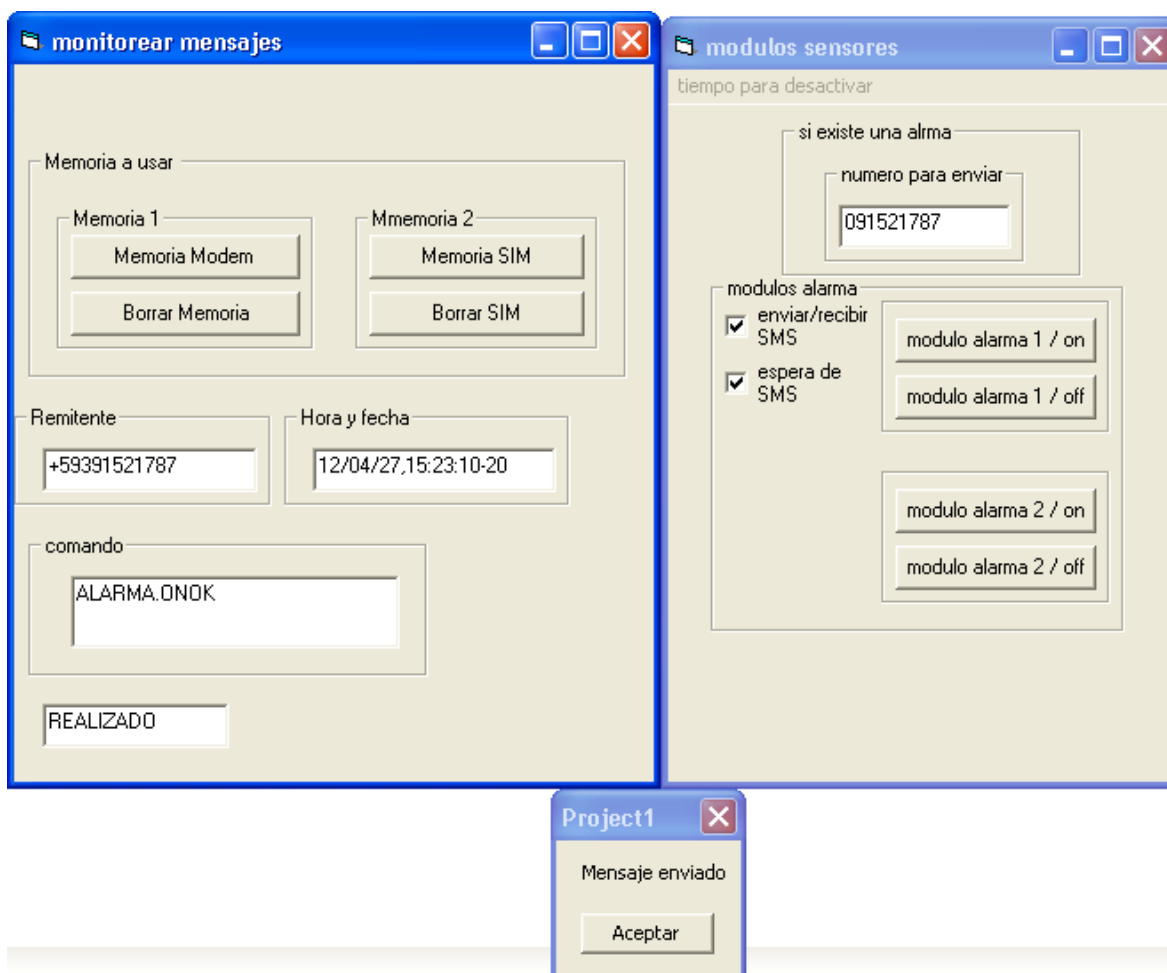


Figura 8.8. Sistema de alarma activo

#### 8.4.2 Desactivación por medio de un SMS

De manera similar al estar activa la opción "espera de SMS" se puede desactivar el sistema de alarma por medio de un SMS con el texto "ALARMA.OFF". En la figura 8.9 se muestra la lectura del mensaje para desactivar la alarma

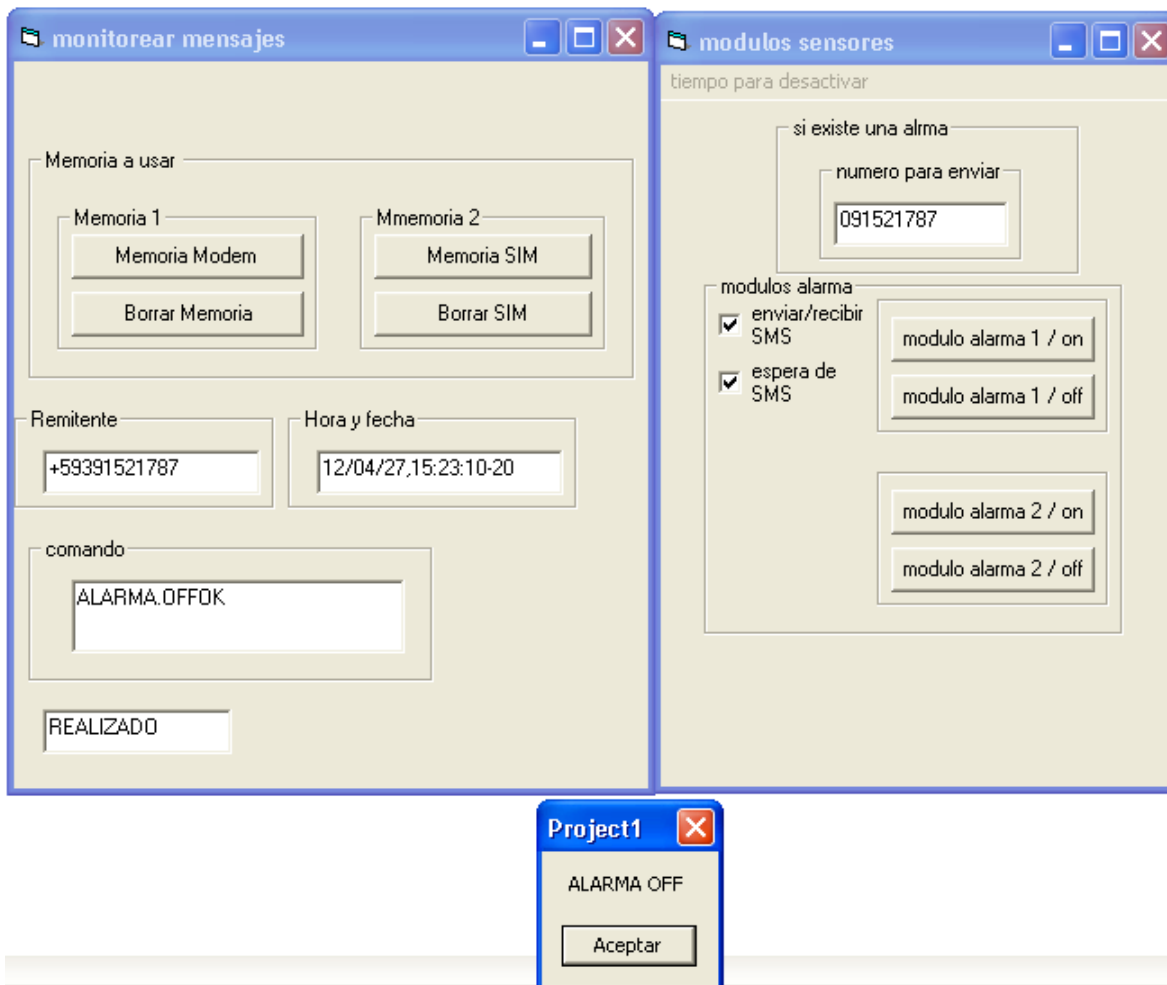


Figura 8.9. Mensaje para deshabilitar el sistema de alarma

Si la sintaxis es correcta se llevara a cabo la acción correspondiente y posteriormente se enviara un mensaje de confirmación al número especificado. Con esta acción se puede observa que se deshabilita las casillas de enviar /recibir SMS y también la espera de SMS con lo cual significa que el usuario esta por entrar hacia el local en la figura 8.10 se muestra dicho procedimiento.

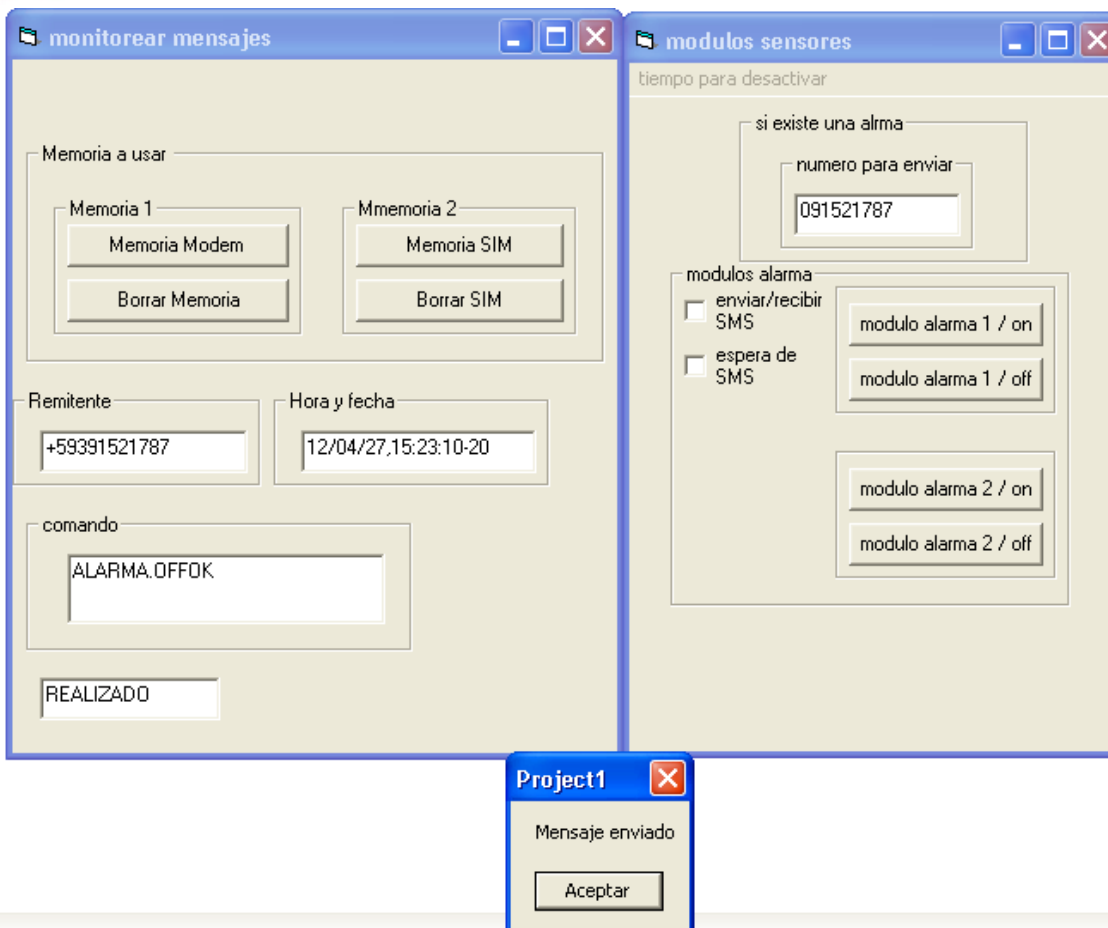


Figura 8.10. Desactivación del sistema de alarma

#### 8.4.3 Desactivación manual del sistema de alarmas

Para desactivación manual del sistema de alarmas se puede configurar el tiempo de espera hasta que la cuenta regresiva llegue a cero con dar clic en un botón desactivar alarma en cualquiera de ellos de desactiva la casilla para envío de mensajes y la espera de mensajes, una vez que ha llegado a cero la cuenta se envía el mensaje de texto correspondiente indicando que las puertas han sido abiertas y además se dará el aviso por medio de los módulos transceptores indicando el tipo de alarma. En la figura 8.11 se muestra la ventana con el tiempo que transcurre hasta llegar a cero.

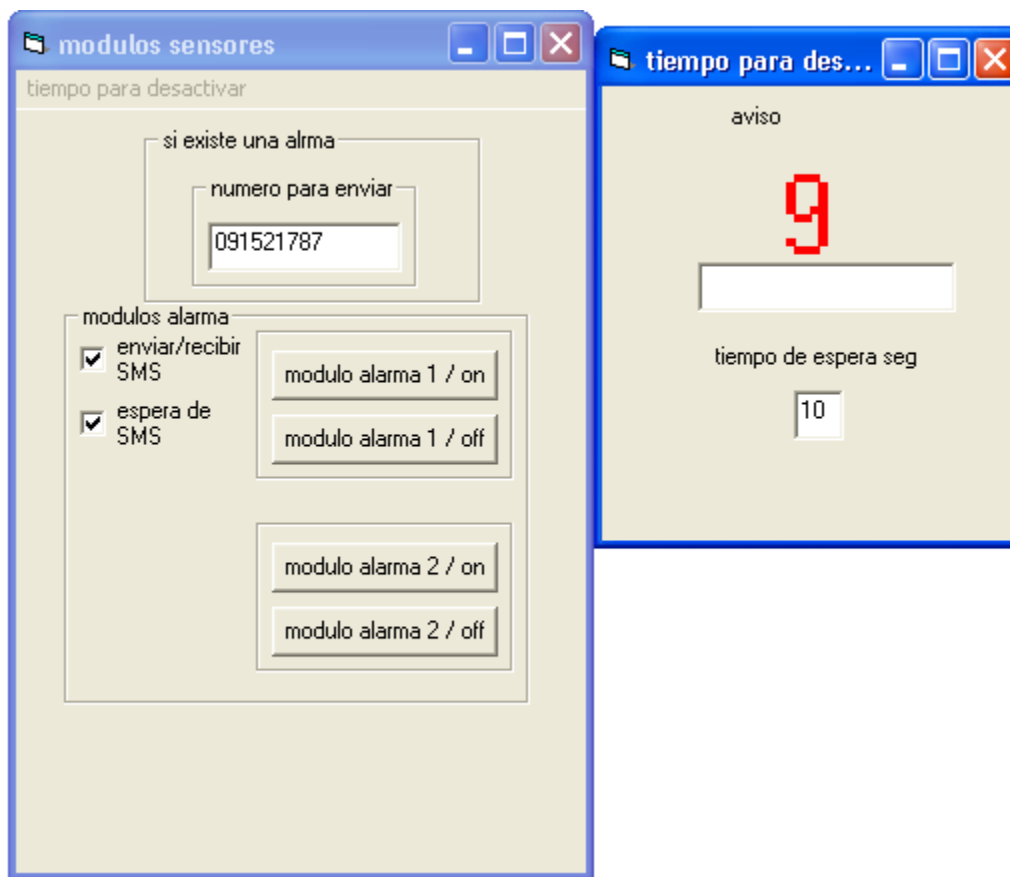


Figura 8.11. Cuenta regresiva para desactivación manual

#### 8.4.4 Envió de un mensaje de alerta

En el caso de que excita un evento dentro del local donde están los sensores un ejemplo es que si se han roto las ventanas se comenzara una cuenta regresiva para el envío del mensaje notificando lo sucedido y consecuentemente se hará el envío de un SMS con el texto mostrado “vidrios rotos 1” el numero indica en la zona en donde haya sucedido dicho evento. En la figura 8.12 se muestra la ventana en donde el tiempo ha llegado a cero y además el mensaje indicando que ha sucedido el mismo que se enviara mediante un SMS.



Figura 8.12. Cuenta regresiva para indicar una alarma

### 8.5 Opción de historial de eventos

Con esta opción se puede hacer lectura de todos los mensajes enviados y recibidos mediante el modem GSM y además los mensajes de alerta enviados cuando se produce una alarma mediante los módulos transceptores, para cada mensaje enviado o recibido se muestra algunos detalles como es el numero de celular, la fecha y el comando que se ha recibido en el caso del modem GSM y para los mensajes del modulo transceptor se muestra la fecha y el aviso que se ha enviado. En la figura 8.13 se muestra la ventana que se ha descrito.

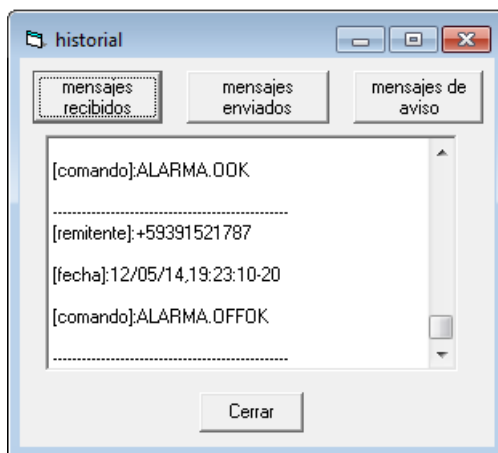


Figura 8.13. Ventana historial de eventos

### 8.6 Prueba de comunicación del modulo maestro

Al iniciar una comunicación con un modulo esclavo en el momento de enviar la información desde de la PC con la aplicación en Visual Basic se verifica que el LED indicador del modulo maestro se encienda indicando que la información ha sido enviada, simultáneamente se encenderá el LED indicador en el modulo esclavo receptor indicando que existe información disponible y se está haciendo lectura de la información que se ha enviado, si esa información es la correcta el modulo esclavo actuara respondiendo a la información enviada, el modulo correspondiente para la comunicación con la PC se muestra en la figura 8.14 con la disposición de sus elementos.

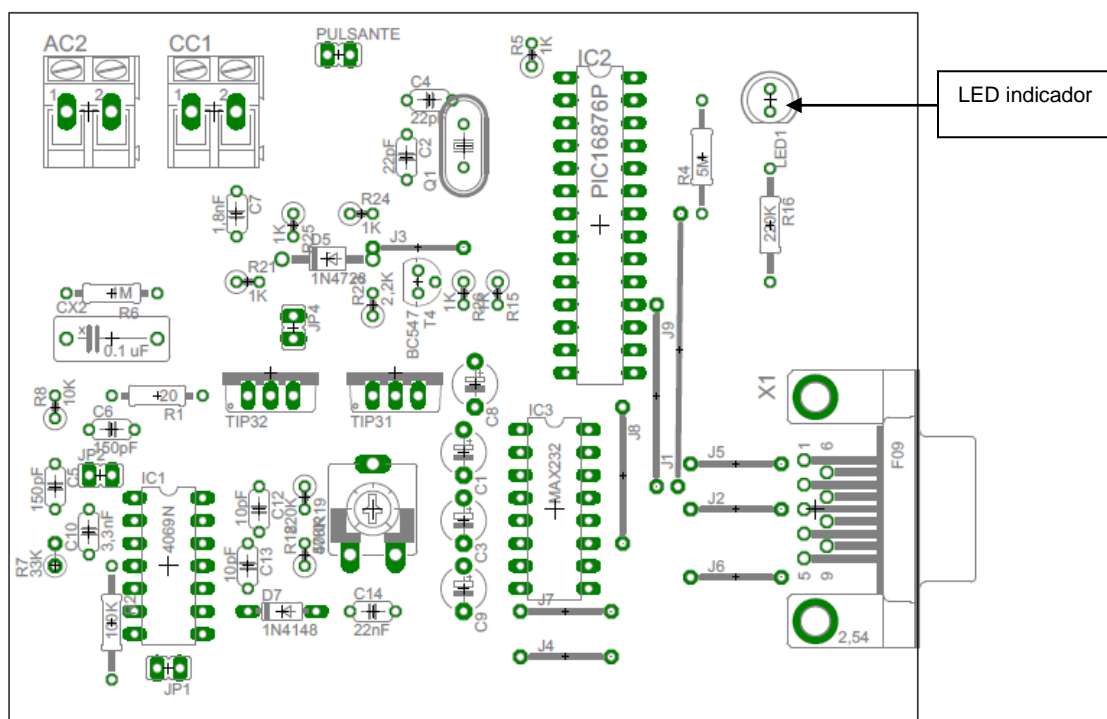


Figura 8.14. Modulo maestro para envío y recepción de comandos x10

### 8.7 Prueba de comunicación con el modulo esclavo de los sensores

De manera similar al momento que se han enviado los datos desde la PC en el modulo receptor se puede observar que el LED indicador se enciende cuando se está recibiendo datos y si los datos correctos se activara un LED permanecerá

encendido el cual dará una indicación que el modulo de los sensores esta activado, en el momento que exista un nivel de tensión alto o bajo según como estén configuradas las entradas del PIC 16f876A para los sensores, para cada uno de los sensores que estén conectados se esperara 3 segundos para enviar un comando indicando cual sensor esta activo lo que activara una cuenta regresiva de 30 segundos como se ha indicado en la interface de usuario de Visual Basic antes de enviar un mensaje por medio de los módulos transceptores y enviar un SMS por medio del modem, este tiempo es necesario si es que el usuario ha ingresado en el local podrá desactivar manualmente los módulos de sensores, y también se podrá desactivar los módulos por medio de un mensaje de texto por lo que este es un modo de desactivación externa de los módulos sensores, en la figura 8.15 se tiene la tarjeta del modulo de sensores y la disposición de los elementos.

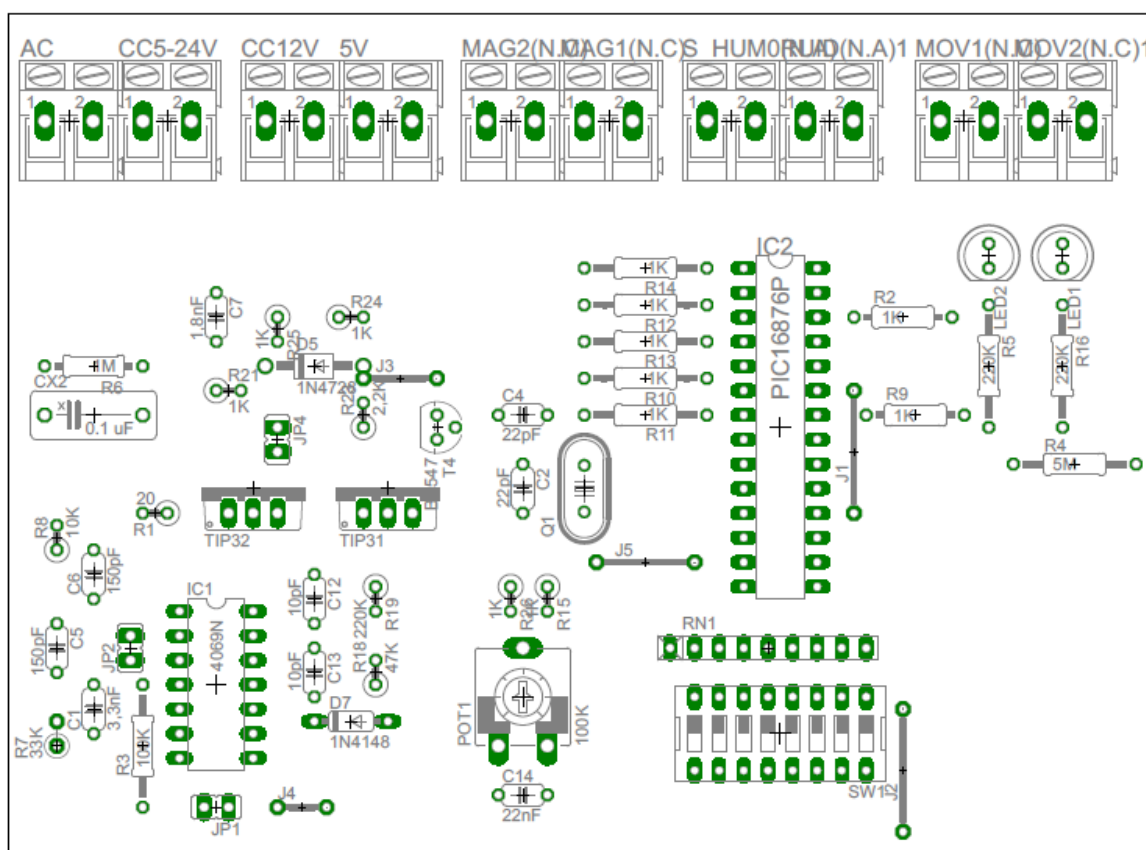


Figura 8.15. Modulo sensores



En el modulo se cuenta con borneras en donde se conectara cada uno de los sensores los cuales serán alimentados desde la misma fuente, por ejemplo el sensor de movimiento se alimenta con 12VCC y su señal activación en caso que el sensor se active será de 0V para la entrada al puerto lo cual significa para que no exista ninguna alarma a la entrada del puerto debe existir 5V , el sensor de ruido se alimenta con 5V de igual manera el nivel de tensión a la entrada del puerto será de 5V con lo cual se envía una señal de alarma, los magnéticos para puertas se los conecta a la fuente de 5V estos dispositivos permiten la circulación de corriente mientras este cerca su otro contacto caso contrario el dispositivo no permite la circulación de corriente en este caso se enviara una señal de aviso hacia la PC indicando su correspondiente alarma, en la tabla 8.2 se tiene los tipos de alarmas que se han considerado.

LARMA	SIGNIFICADO	NIVEL DE ACTIVACION	PUERTO DE CONEXIÓN
ALARMA 1	VIDRIOS ROTOS 1	NIVEL ALTO	PIN A0
ALARMA 2	VIDRIOS ROTOS 2	NIVEL ALTO	PIN A1
ALARMA 3	PUERTAS ABIERTAS 1	NIVEL BAJO	PIN A3
ALARMA 4	PUERTAS ABIERTAS 2	NIVEL BAJO	PIN A5
ALARMA 5	MOVIMIENTO ZONA 1	NIVEL BAJO	PIN B1
ALARMA 6	MOVIMEINTO ZONA 2	NIVEL BAJO	PIN B5
ALARMA 7	SENSOR DE HUMO	NIVEL ALTO	PIN A2

Tabla 8.2. Tipos de alarmas

### 8.8 Prueba del dimmer comandado desde la PC

En la PC se tiene el control para iluminación del dimmer el cual es una barra de desplazamiento vertical de Visual Basic con la cual se tiene cinco niveles de iluminación con el cual se puede aumentar y disminuir la intensidad de iluminación, también se cuenta con dos botones para encendido y apagado que se puede interpretar como máxima iluminación y mínima iluminación esto se puede observar en la figura 8.16, de manera que para cada nivel de iluminación se envía un código mediante el modulo maestro hacia el modulo receptor donde este modulo envía el dato para el nivel de iluminación hacia el modulo dimmer mediante comunicación serie para el control del mismo.

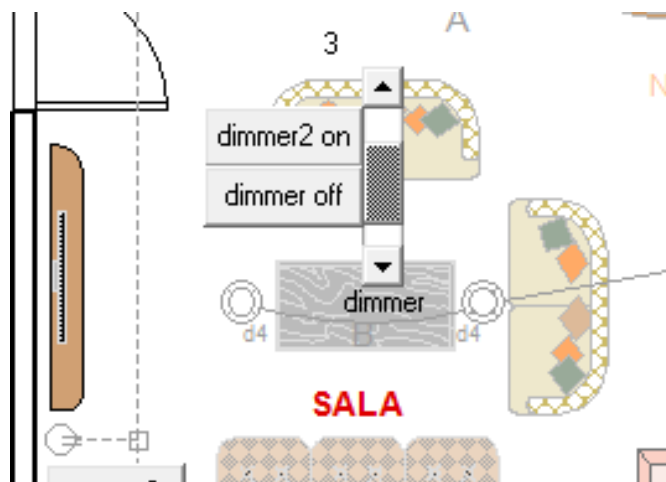


Figura 8.16. Controles del dimmer

En la gráfica 8.17 se tiene el modulo de iluminación conformado con el PIC 16F876A el cual conforma el modulo receptor y el cual se comunica con el modulo dimmer conformado por el PIC 16F628A mediante el puerto serie habilitado por software en la figura 8.18 se tiene el modulo de iluminación dimmer y de esta manera se puede hacer el control remotamente desde la PC.

Se considera que el control de iluminación debe estar en lugares cercanos donde se pueda observar el nivel de iluminación que se requiere.

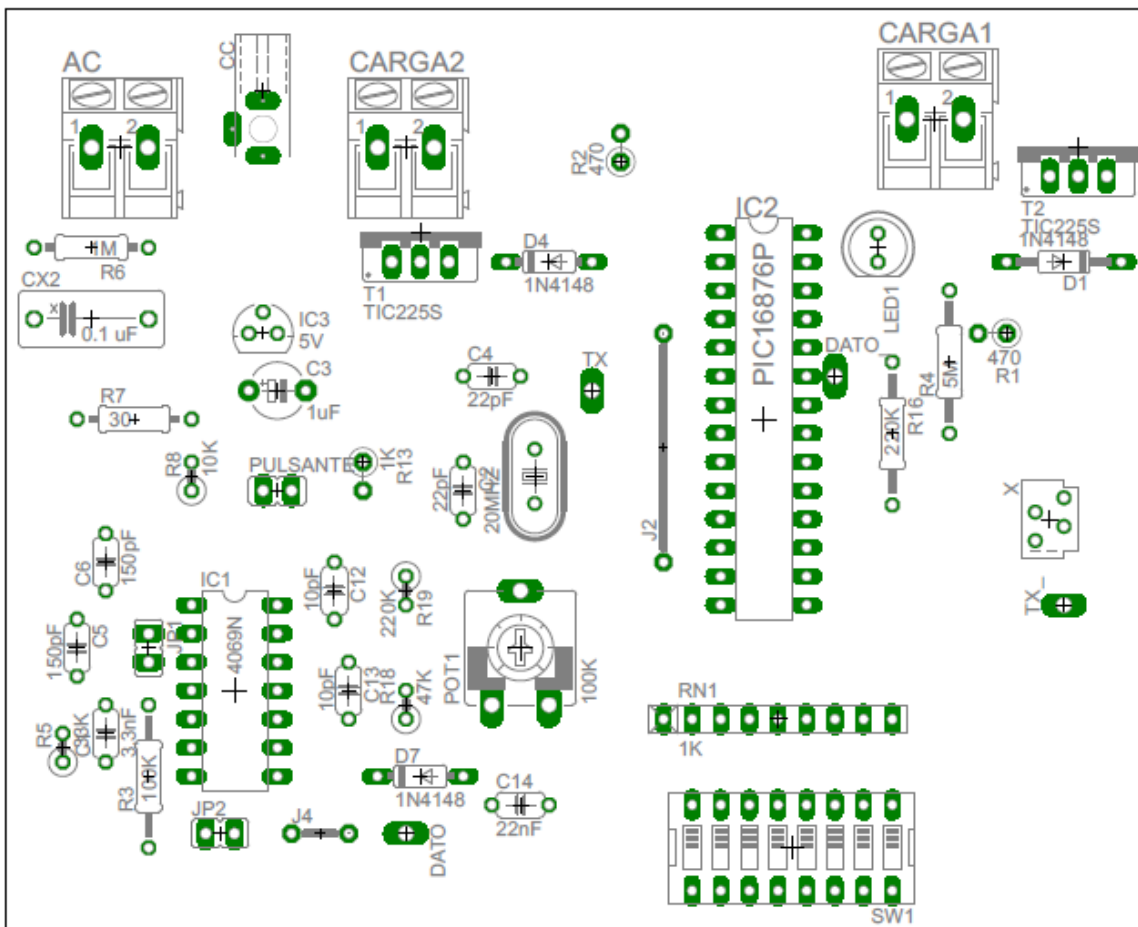


Figura 8.17. Modulo para iluminación

### 8.8.1 Prueba del dimmer sin asistencia de la PC

Para esta prueba sin la asistencia de la PC se tiene la configuración de dos botones con los cuales se puede aumentar o disminuir de manera manual la intensidad luminosa en la figura 8.18 se puede observar el control de dimmer con el 16F628A con el cual por ser de dimensiones más reducidas no se requiere más controles adicionales para el control de iluminación.

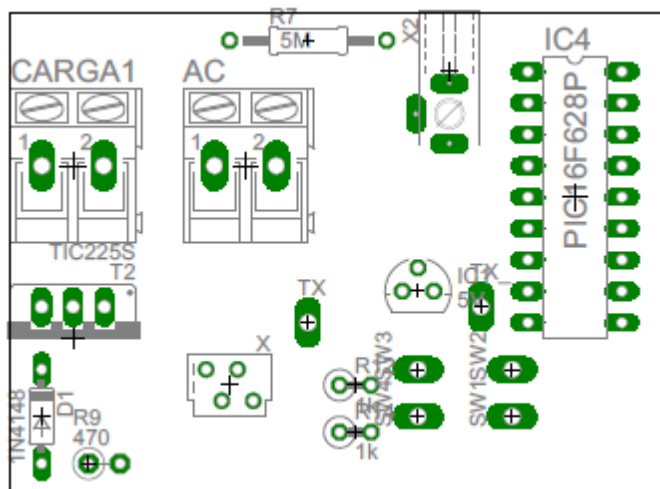


Figura 8.18. Modulo control de dimmer

### 8.9 Control horario para los módulos de iluminación y tomacorrientes

Para el control horario se tiene una ventana en donde se puede colocar la hora para encendido y apagado de diferentes luminarias o tomacorrientes seleccionados según las necesidades que se tenga de tal manera que cuando se cumpla la hora los módulos actuarán inmediatamente hay que tener en cuenta que para el encendido se debería tener una ligera diferencia en la hora para el encendido o apagado debido a que algún módulo puede no actuar debido a que el envío de datos por la red eléctrica es lenta, en la figura 8.19 se tiene la ventana para el control horario

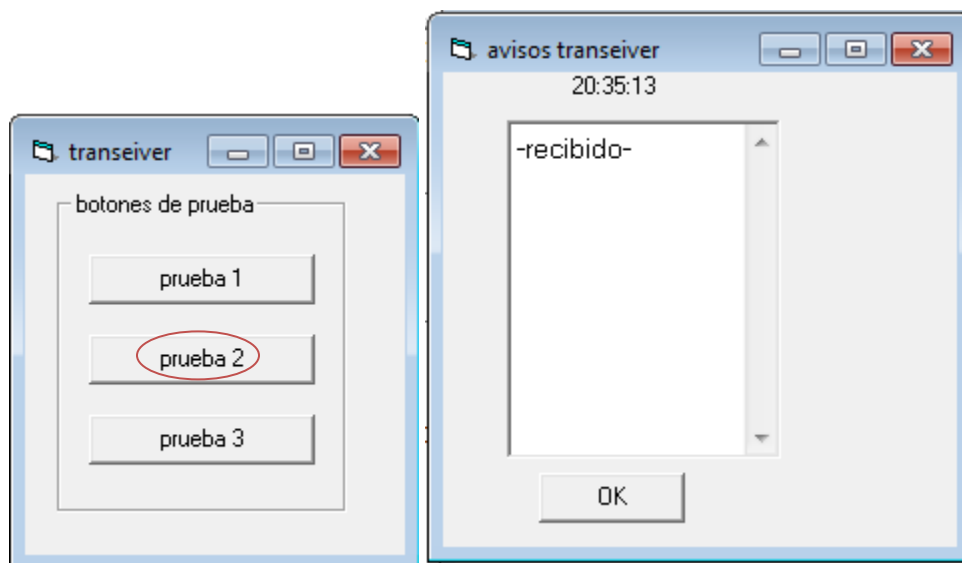


Figura 8.19. Ventana para control horario

### 8.10 Prueba de los módulos transceptores

Estos módulos se requieren para avisos hacia otro modulo transceptor acerca de algún evento en la localidad teniendo en cuenta la distancia máxima es de 200m. Cuando exista alguna clase de alarma se hará el envío hacia los módulos transceptores cercanos con los cuales se envía el tipo de alarma que se produce con la identificación del modulo que lo envía con lo cual se sabe desde donde proviene la alarma. La tarjeta del modulo transceptor con la disposición de los elementos se tiene en la figura 8.21.

Para comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de ellos se tiene también los botones de pruebas correspondiente a cada modulo enviando los datos correspondientes desde la interface de usuario de la figura 8.20 con lo que identificando cual modulo se quiere probar, se tiene los botones correspondientes para esta función. Por ejemplo si se quiere probar el modulo 2 desde el modulo 1 se da clic en el botón *prueba 2* con lo que el modulo 2 responderá con el mensaje de “recibido” entonces se verifica el funcionamiento del modulo 2 y se hará de la misma manera para cada uno de los módulos transceptores que se disponga.



*Figura 8.20. Ventana de avisos para los módulos transceptores.*

En la figura 8.21 se tiene la tarjeta con sus elementos para el modulo transceptor el cual para la conexión se cuenta con la comunicación serie con su correspondiente Max 232 para adecuar los niveles de tensión que maneja los PIC y el estándar rs232 permitiendo su correcta comunicación ya que estos módulos están conectados directamente con la PC.

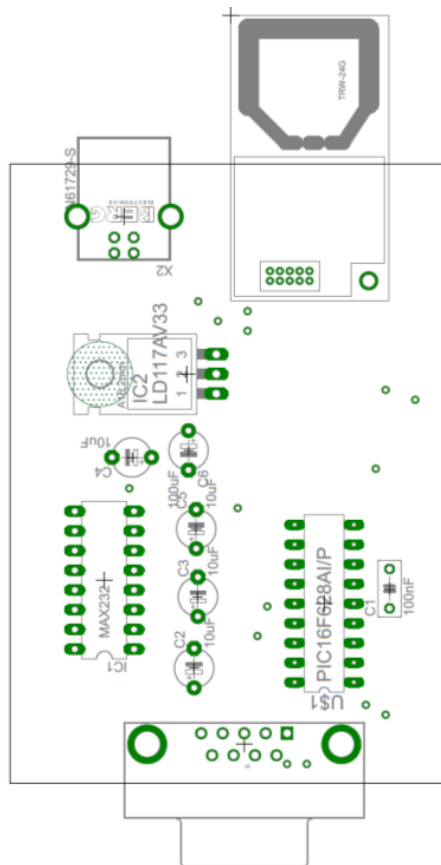


Figura 8.21. Módulo transceptor para PC

## 8.11 Manual de funcionamiento del equipo construido

### 8.11.1 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación proporciona las diferentes tensiones para el funcionamiento de los módulos, cuenta con un transformador para la reducción de voltaje, dos reguladores de voltaje los cuales son el 7812 y el 7805 para voltajes

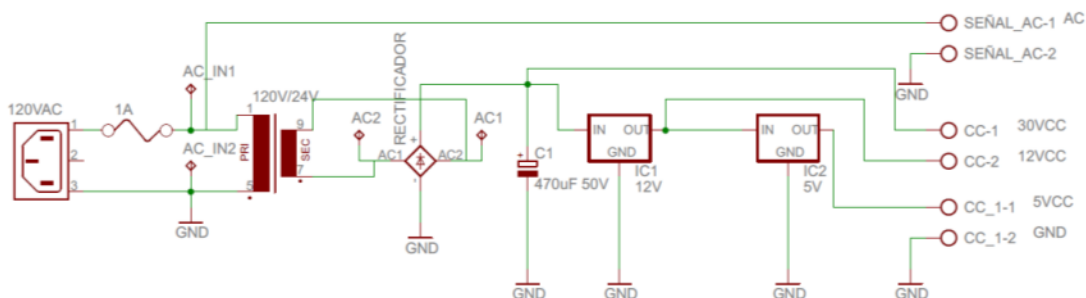
de 12 y 5V respectivamente y además se puede usar directamente el voltaje de 30V rectificadas para la alimentación del circuito amplificador. El esquema de la fuente de alimentación se presenta en la figura 8.22 y en la figura 8.23 la disposición de los elementos de la fuente de alimentación.

#### 8.11.1.1 Especificaciones de la fuente de alimentación

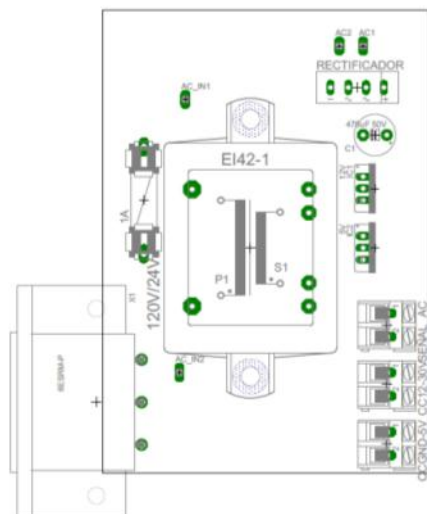
- Alimentación de 120V
- Salidas de 30V, 12V y 5V
- Salida de AC

#### 8.11.1.2 Descripción de los componentes

- Conector polarizado para conexión al tomacorriente
- Transformador 120/24V
- Puente rectificador
- Capacitor 470uF
- Regulador de 12V (7812)
- Regulador de 5V (7805)
- Borneras para las tensiones de salida





*Figura 8.22. Esquema de la fuente de alimentación**Figura 8.23. Tarjeta para la fuente de alimentación*

### 8.11.2 Modulo interface PC

El modulo sirve para la comunicación con la PC contiene el PIC 16F876A y se encarga de modular los datos, también posee un amplificador conformado con transistores complementarios para acoplar la señal adecuadamente a la red eléctrica, además posee un filtro paso bajo y el amplificador construido con el CD4069 y el detector de envoltura para obtener los datos, se tiene un diodo LED indicador cuando se envía o se recibe datos, un MAX232 para adecuar los niveles de voltaje para la comunicación mediante el estándar rs232. El esquema del modulo maestro se tiene en la figura 8.24.

#### 8.11.2.1 Funcionamiento

Este modulo está conectado directamente con la PC mediante su puerto serie con el que se puede recibir o enviar datos desde y hacia la PC respectivamente. Para el envío de los comandos mediante la red eléctrica lo primero que se hace es enviar desde la PC los comandos necesarios hacia el PIC del modulo el cual cuando tiene datos en su buffer inmediatamente envía los datos modulando a 120Khz en cada cruce por cero mediante su puerto RC2/CCP1, estos datos modulados se pasa por el amplificador y posteriormente por el filtro de acoplamiento con el que se inyecta en la red eléctrica los datos modulados.

Cuando se envía datos desde otro modulo los primero que se hace es atenuar totalmente la señal de 60Hz mediante el filtro de acoplamiento y se tiene el filtro paso bajo conformado por una resistencia y capacitor luego se amplifica la señal mediante un amplificador de dos etapas realizado con un CD4069 cuando se tiene



esta señal amplificada se pasa por un detector de envolvente para recuperar los datos que se reciben desde otro modulo, cuando se tiene todos los datos recibidos el PIC 16f876A los interpreta de manera que se puede enviar hacia la PC los datos de los comandos que se han enviado y con estos datos recibidos en la PC se los puede manipular para saber qué tipo de datos han sido recibidos.

### 8.11.2.2 Especificaciones del modulo

- Tensión de 5V para el microcontrolador, el CD4069 y el MAX232.
- Tensión de 30V para alimentación del amplificador de pulsos.
- Puerto serie con un conector DB9 hembra para comunicación con la PC
- Conector para la detección de cruces por cero de la red eléctrica.

### 8.11.2.3 Descripción de los pines y componentes

- pines de entrada y salida:
  - pin RB0 entrada detección de cruces por cero
  - Pin RB2 entrada de datos que se han obtenido
  - pinRB7 salida conectado el LED indicador de ingreso de datos
  - Pin RC2 salida del modulo PWM salida de datos modulados a 120Khz
  - Pin RC6/TX salida de datos desde la PC
  - PIN RC7RX entrada de datos desde la PC
- Microcontrolador : PIC 16f876A
- CD 4069: que sirve de amplificador para la señal filtrada por el filtro paso alto.
- Max 232: para adecuar a los niveles TTL y RS232.
- Filtro paso bajo: calibrado para señales sobre los 32Khz.
- Detector de envolvente: incluye un trimer para la sensibilidad del mismo.
- Filtro de acoplamiento: con este filtro se puede acoplar la señal modulada hacia la red eléctrica y también sirve para atenuar la señal de 60Hz.
- Amplificador de señal PWM: amplifica la señal obtenida desde el pin RC2/ccp1.

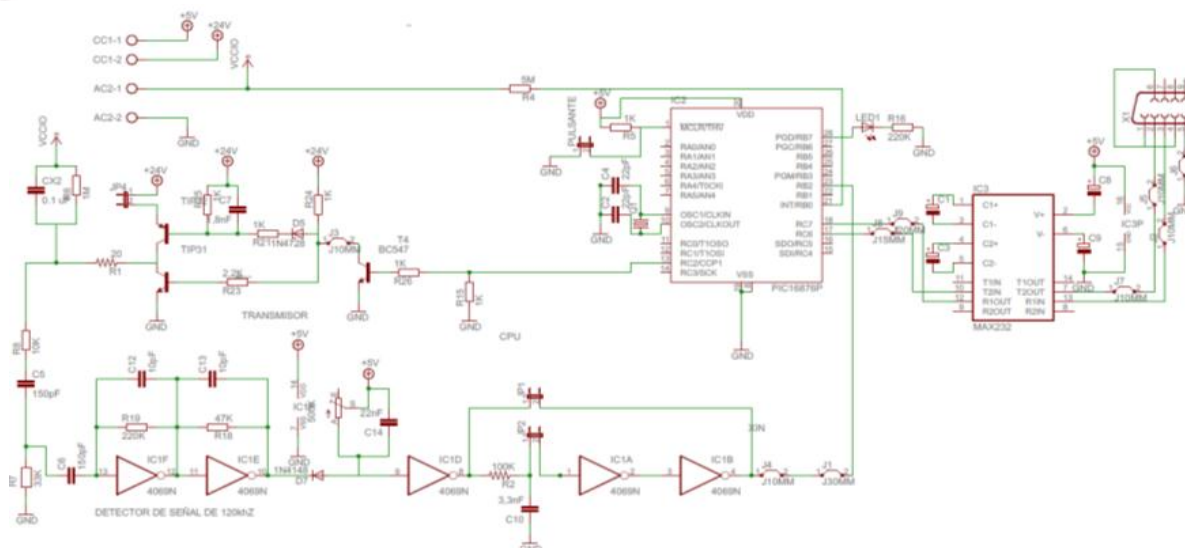


Figura 8.24. Esquema para el modulo maestro con conexión a la PC

### 8.11.3 Modulo interface de sensores

El modulo sirve para tener una interface con los sensores conectados los cuales cuando están activos proporcionan un nivel de tensión de 5V o 0V los cuales tienen conexión en los módulos en los puertos de entrada del PIC 16F876A respectivamente.

También posee la capacidad de enviar los datos que se generen cuando un sensor este activo de manera que se encarga de modular los datos, también posee un amplificador conformado con transistores complementarios para acoplar la señal adecuadamente a la red eléctrica, además posee un filtro paso bajo y el amplificador construido con el CD4069 y el detector de envolvente para obtener los datos que se haya enviado desde el modulo maestro, se tiene un diodo LED indicador cuando se envía o se recibe datos. En la figura 8.25 se tiene el esquema para el modulo interface de sensores.

#### 8.11.3.1Funcionamiento

Para activar y desactivar el modulo de sensores se tiene un LED indicador para este propósito, cuando se envié el código respectivo para activar el modulo el LED permanecerá encendido de manera tal que en ese momento el modulo ya está listo para tomar lecturas de estado alto o bajo de cada sensor, en el caso que se pretende desactivar el modulo de igual manera se envía otro código que servirá para desactivar y el LED indicador permanecerá apagado. En caso que el modulo este activo y cualesquiera de los sensores se active este modulo enviara la



información correspondiente del sensor y se debe enviar un código del sensor que se ha activado en ese momento.

El código que se ha enviado pasara primero por el modulo maestro el cual es el encargado de traducir los códigos y enviarlos hacia la PC la cual tendrá la tarea de enviar un mensaje de texto con el correspondiente mensaje de alarma que se ha generado en ese momento.

### **8.11.3.2 Especificaciones**

- Tensión de 5V para el microcontrolador, el CD4069 sensor de ruido, y magnéticos de puertas.
- Tensión de 30V para alimentación del amplificador de pulsos.
- Tensión de 12 V para alimentación del sensor de movimiento y el sensor de humo.
- Conector para la detección de cruces por cero de la red eléctrica.

### **8.11.3.3 Descripción de los pines y componentes**

#### **1. pines de entrada y salida:**

- pin RB0 entrada detección de cruces por cero
- Pin RB2 entrada de datos que se han obtenido
- PinRB7 salida conectado el LED indicador de ingreso de datos
- Pin RB6 salida conectado el LED indicador de modulo activo
- Pin RC2/CCP1 salida del modulo PWM salida de datos modulados a 120Khz
- Pin RA0 entrada nivel de tensión alto de respuesta del sensor de ruido 1
- Pin RA1 entrada nivel de tensión alto de respuesta del sensor de ruido 2
- Pin RA2 entrada nivel de tensión alto de respuesta del sensor de humo.
- Pin RA3 entrada nivel de tensión bajo respuesta a la apertura de un magnético 1.
- Pin RA5 entrada nivel de tensión bajo respuesta a la apertura de un magnético 2.
- Pin RB1 entrada nivel de tensión bajo respuesta a movimiento dentro de la zona de cobertura.

- Pin RB5 entrada nivel de tensión bajo respuesta a movimiento dentro de la zona de cobertura.
- PIN RC7RX entrada de datos desde la PC
- Puerto C conectado el dip switch para determinar la dirección del modulo.

2. Microcontrolador : PIC 16f876A
3. CD4069: que sirve de amplificador para la señal filtrada por el filtro paso alto.
4. Filtro paso bajo: calibrado para señales sobre los 32Khz
5. Detector de envoltente: incluye un trimer para la sensibilidad del mismo
6. Filtro de acoplamiento: con este filtro se puede acoplar la señal modulada hacia la red eléctrica y también sirve para atenuar la señal de 60Hz.
7. Amplificador de señal PWM: amplifica la señal obtenida desde el pin RC2/ccp1.

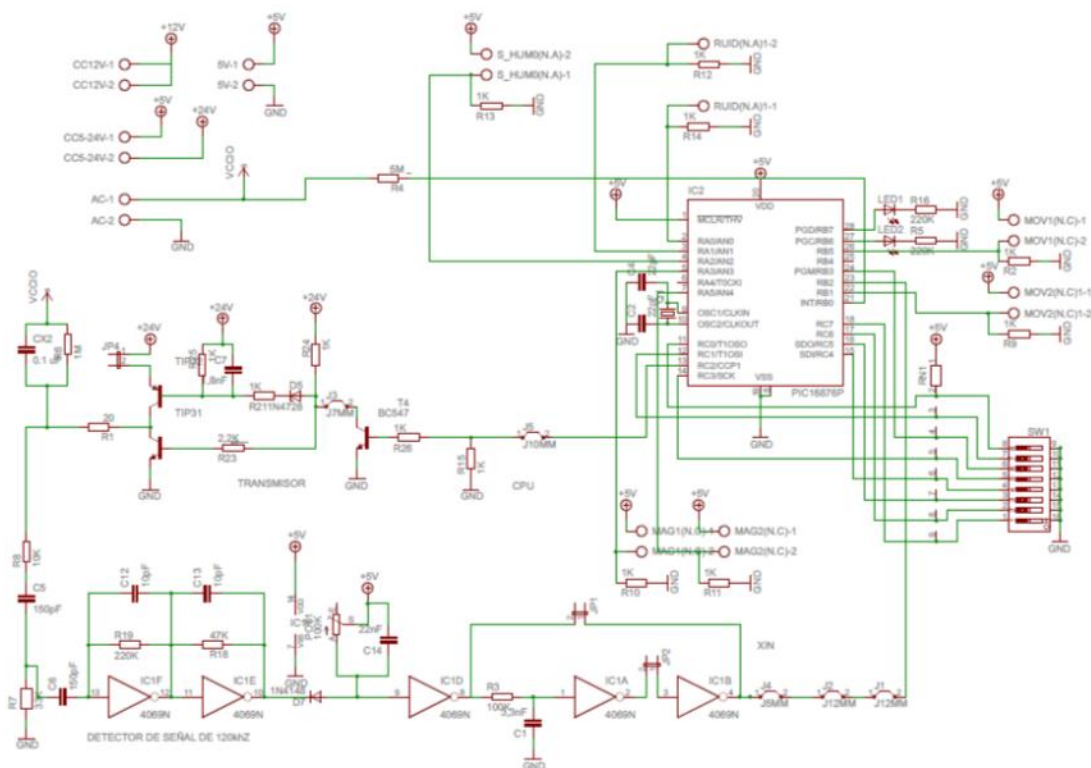


Figura 8.25. Esquema interface de sensores

### 8.11.4 Modulo para iluminación

Este modulo sirve para activación / desactivación de luminarias las cuales actúan con la activación de triacs, también este modulo sirve para recibir los datos

provenientes de la PC donde se encuentra la interface de usuario con la cual se puede seleccionar cual luminaria se desea activar y por lo tanto también tener el control del nivel de iluminación el cual cuenta con un modulo dimmer. En la figura 8.26 se presenta el esquema del modulo de iluminación.

#### **8.11.4.1 Funcionamiento**

Para activar o desactivar luminarias remotamente se procede a recibir los datos enviados desde la PC este modulo cuenta con dos triacs los cuales se puede activar y desactivar de acuerdo con la selección de la luminaria a encenderse desde la interface de usuario. Además este modulo sirve de puente para enviar datos al modulo dimmer entonces cuenta con un puerto serie solo de salida para la actuación correspondiente del modulo dimmer.

#### **8.11.4.2 Especificaciones**

- Tención de 5V para el microcontrolador, el CD4069.
- Conector para la detección de cruces por cero de la red eléctrica.
- Conector para alimentación del modulo con un máximo de 15V ,
- El modulo incluye un regulador de 5V.
- Cuenta con un puerto serie para control de dimmer

#### **8.11.4.3 Descripción de los pines y componentes**

##### 1. pines de entrada y salida:

- pin RB0 entrada detección de cruces por cero.
- Pin RB2 entrada de datos que se han obtenido.
- PinRB7 salida conectado el LED indicador de ingreso de datos.
- Pin RB6 salida nivel de tensión alto para activar el triac 2.
- Pin RB5 salida nivel de tensión alto para activar el triac 1.
- Pin RA5 puerto serie para transmisión de datos habilitado por software.
- Puerto C conectado el dip switch para determinar la dirección del modulo.
- Consumo máximo de corriente hasta de 1.5 A

##### 2. Microcontrolador : PIC 16f876A

##### 3. CD4069: que sirve de amplificador para la señal filtrada por el filtro pasó alto.

##### 4. Filtro paso bajo: calibrado para señales sobre los 32Khz

##### 5. Detector de envolvente: incluye un trimer para la sensibilidad del mismo

6. Filtro de acoplamiento: este filtro sirve para atenuar la señal de 60Hz.

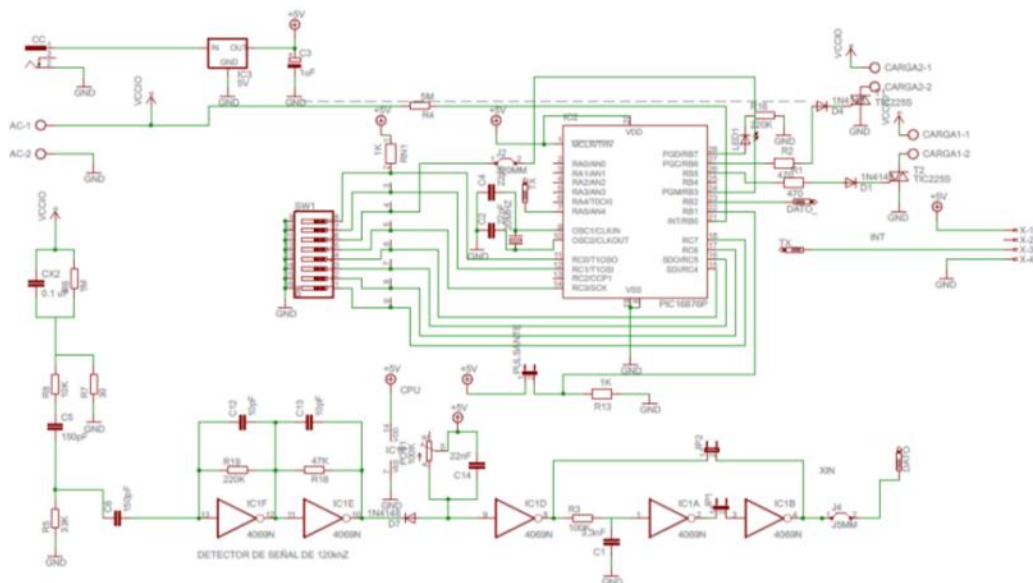


Figura 8.26. Esquema del modulo de iluminación.

### 8.11.5 Modulo para tomarcorrientes

Este modulo sirve para activación / desactivación de tomarcorrientes los cuales actúan con la activación de triacs, este modulo sirve para recibir los datos provenientes de la PC donde se encuentra la interface de usuario con la cual se puede seleccionar cual tomarcorriente habilitar o deshabilitar tomarcorrientes. En la figura 8.27 se tiene el esquema para el modulo de tomarcorrientes.

#### 8.11.5.1 Funcionamiento

Para activar o desactivar tomarcorrientes remotamente se procede a recibir los datos enviados desde la PC este modulo cuenta con dos triacs los cuales se puede activar y desactivar de acuerdo con la selección del tomarcorriente para habilitarse desde la interface de usuario.

#### 8.11.5.2 Especificaciones

- Tención de 5V para el Microcontrolador, el CD4069.
- Conector para la detección de cruces por cero de la red eléctrica.
- Conector para alimentación del modulo con un máximo de 15V.
- El modulo incluye un regulador de 5V.
- Consumo máximo de corriente hasta de 1.5 A.



### 8.11.5.3 Descripción de los pines y componentes

#### 1. pines de entrada y salida:

- pin RB0 entrada detección de cruces por cero.
- Pin RB2 entrada de datos que se han obtenido.
- PinRB7 salida conectado el LED indicador de ingreso de datos.
- Pin RB6 salida nivel de tensión alto para activar el triac 2.
- Pin RB5 salida nivel de tensión alto para activar el triac 1.
- Puerto C conectado el dip switch para determinar la dirección del modulo.

#### 2. Microcontrolador : PIC 16f876A

#### 3. CD4069: que sirve de amplificador para la señal filtrada por el filtro pasó alto.

#### 4. Filtro paso bajo: calibrado para señales sobre los 32Khz

#### 5. Detector de envoltente: incluye un trimer para la sensibilidad del mismo

#### 6. Filtro de acoplamiento: este filtro sirve para atenuar la señal de 60Hz.

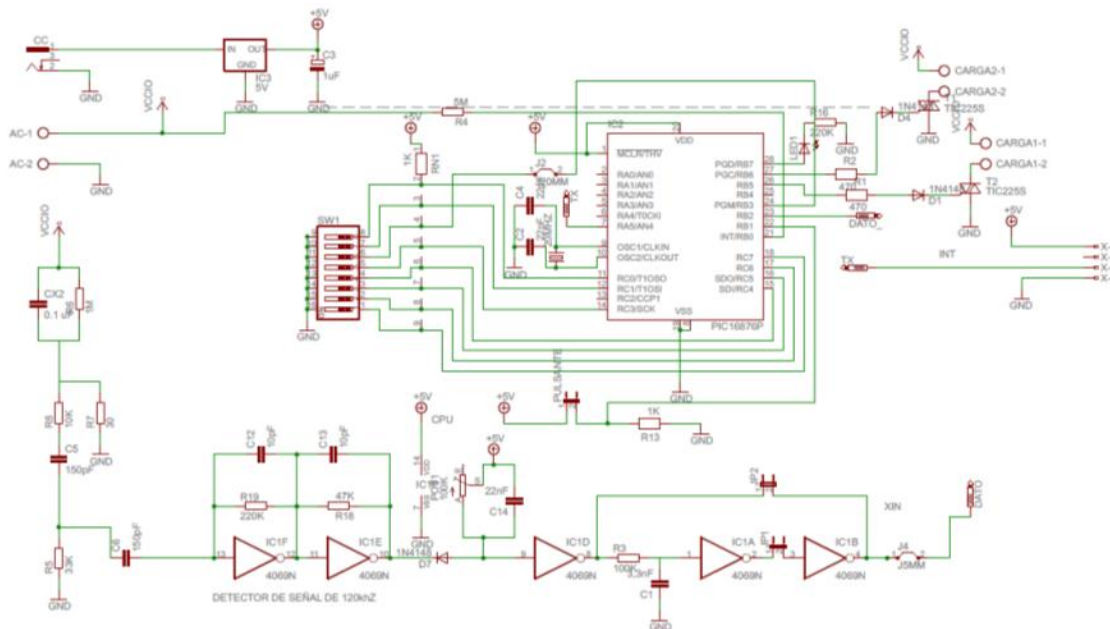


Figura 8.27. Esquema del modulo de tomacorrientes.



### 8.11.6 Modulo dimmer

Este modulo cuenta con el PIC 16f628A el cual es usado para el control de iluminación mediante el control de disparo en la compuerta del triac y cuenta con botones para incremento y disminución de la iluminación. En la figura 8.28 se presenta el esquema para el modulo dimmer.

#### 8.11.6.1 Funcionamiento

Cuando se envía un dato desde la PC el modulo de iluminación conformado con el PIC 16F876A se encarga de hacer las comparaciones de los datos que arriben y si es un dato para el modulo dimmer lo envía mediante el puerto serie, entonces el modulo dimmer recibe este dato y lo compara dependiendo del nivel de iluminación que se requiere se hará el disparo en la compuerta del triac. Este modulo cuenta con cinco niveles de iluminación que son comandados desde la interface de usuario en la PC. Además con los botones de incremento y decremento se puede manejar un registro de 8 bits con el cual se puede obtener los valores de 0 a 255 dependiendo de la cantidad de luz requerida, los cinco niveles de iluminación se divide 255 entre 5 con lo que no es necesario enviar demasiados datos desde la PC hacia el modulo dimmer.

Para la alimentación del modulo dimmer se lo puede hacer desde el modulo de iluminación el cual tiene habilitada una salida para voltaje o se lo puede hacer con una fuente de alimentación separada.

#### 8.11.6.2 Especificaciones

- Tención de 5V para el Microcontrolador
- Conector para la detección de cruces por cero de la red eléctrica.
- Conector para alimentación del modulo con un máximo de 15V ,
- El modulo incluye un regulador de 5V.
- Botones para control.
- Consumo máximo de corriente será de 1A.

#### 8.11.6.3 Descripción de los pines y componentes

1. Pines de entrada y salida:

- pin RB0/INT entrada detección de cruces por cero.
- Pin RB1 entrada de datos por puerto serie.
- Pin RB6 entrada conexión botón para incremento
- Pin RB7 entrada conexión botón para decremento

2. Microcontrolador : PIC 16f628A
3. Borneras para conexión de cables de alimentación y para detección de cruces por cero.

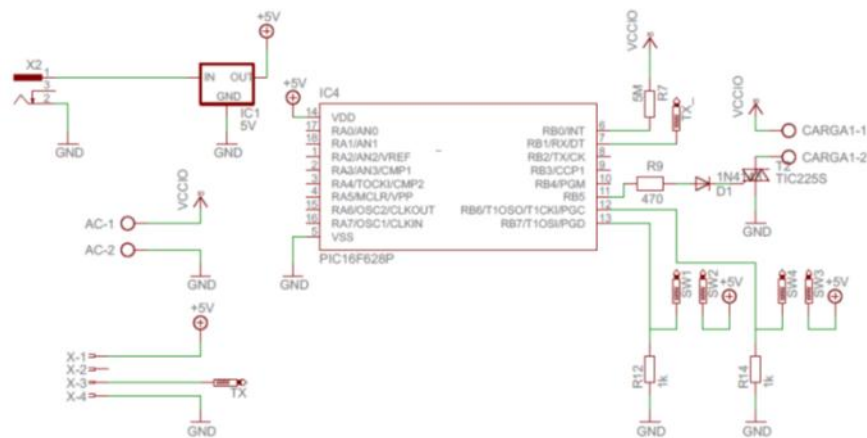


Figura 8.28. Esquema para el modulo dimmer.

### 8.11.7 Modulo sensor de ruido

Este modulo sirve para la detección de ruidos fuertes, la aplicación de este sensor está dirigido a la aplicación de detección de la rotura de vidrios de las ventanas. La figura 8.29 presenta el esquema del sensor de ruido.

#### 8.11.7.1 Funcionamiento

El sensor de ruido conformado con amplificadores operacionales en donde se usa el TL084 con una fuente de 5V no simétrica en donde se hace un partidor de tensión para crear una tierra virtual, el operacional con su configuración de inversor y a continuación una configuración seguidor de tensión y a la salida se usa un inversor CD4069 para obtener los niveles de tensión adecuados de 0 a 5V. Este modulo sensor de ruido capta los sonidos fuertes por medio de un micrófono de carbón en este caso será la rotura de vidrios los cuales al romperse generan ruido que será captado por el micrófono los que significa que el sonido captado se convertirá en pulsos eléctricos a la salida se obtendrá pulsos lo que significa que se enviara hacia el modulo sensor, de acuerdo a los niveles de tensión admitidos a la entrada del modulo sensor será de nivel alto.

#### 8.11.7.2 Especificaciones

- Tención de 5V para el amplificador operacional y el CD4069
- Conector para alimentación y envío de señales eléctricas provocadas por ruido.

- Micrófonos de carbón
- Trimer para la sensibilidad del amplificador

### 8.11.7.3 Descripción de los pines y componentes

#### 1. Pines de entrada y salida:

- pin RB0/INT entrada detección de cruces por cero.
- Pin RB1 entrada de datos por puerto serie.
- Pin RB6 entrada conexión botón para incremento
- Pin RB7 entrada conexión botón para decremento

#### 2. TL084: amplificador de ruido

#### 3. Micrófono de carbón: capta ruidos de ruptura de vidrios

#### 4. CD4069: que sirve para mantener los niveles de tensión.

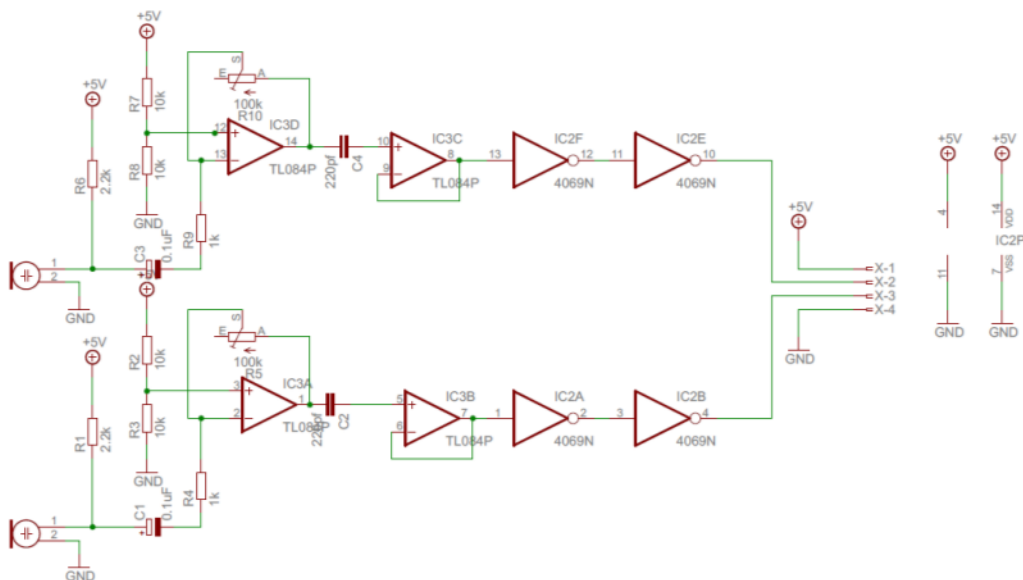


Figura 8.29. Esquema para el sensor de ruido

### 8.11.8 Modulo transceptor

Con este modulo conformado con el TRW 24G el cual permite transmisión de datos por RF hasta 200m, este modulo permite envío de alertas hacia otros módulos cercanos, estos avisos pueden ser de alarmas emitidas por otro modulo cercano y la conexión mediante el puerto serie. En la figura 8.30 se presenta es esquema del modulo transceptor.

### 8.11.8.1 Funcionamiento

Para el envío de datos se configura el transeiver mediante el programa del PIC 16F1826 entonces se puede enviar y recibir datos, cuando se recibe datos se almacenan en un buffer del microcontrolador hasta que lleguen todos los datos y posteriormente se envía los datos hacia la PC para visualizarlo en la interface de usuario. Para el envío de datos se lo hace mediante la interface de usuario cuando se produce una alarma en el lugar donde se encuentra instalado el modulo transceptor se envía el tipo de alarma que se ha producido e inmediatamente se visualiza en los demás módulos cercanos.

### 8.11.8.2 Especificaciones

- Tención de alimentación de 3,3V para el PIC 16F1826, el TRW 24G y el max232.
- Conector para alimentación con 5V mediante un conector USB.

### 8.11.8.3 Descripción de los pines y componentes

1. Pines de entrada y salida:
  - pin RB7 salida CE habilita el TRW 24G.
  - Pin RB6 entrada DR2 indicador de datos listos (no usado).
  - Pin RB5 entrada DR1 indicador de datos listos
  - Pin RB4 salida DOUT 2 salida de datos para canal 2 (no usado)
  - Pin RB3 salida DATA salida de datos en el canal 1.
  - Pin RB0 salida CS chip select para configurar al modulo cuando se accede al TRW 24G.
  - Pin RA1 salida CLK2 señal de reloj para el canal 2 (no usado)
  - Pin RA0 salida CLK1 señal de reloj para el canal 1
  -
2. PIC 16F1826: encargado de la comunicación con el modulo TRW 24G y la PC.
3. Max232: para adecuar a los niveles TTL y RS232.
4. Conector DB9 para comunicación serial con la PC.

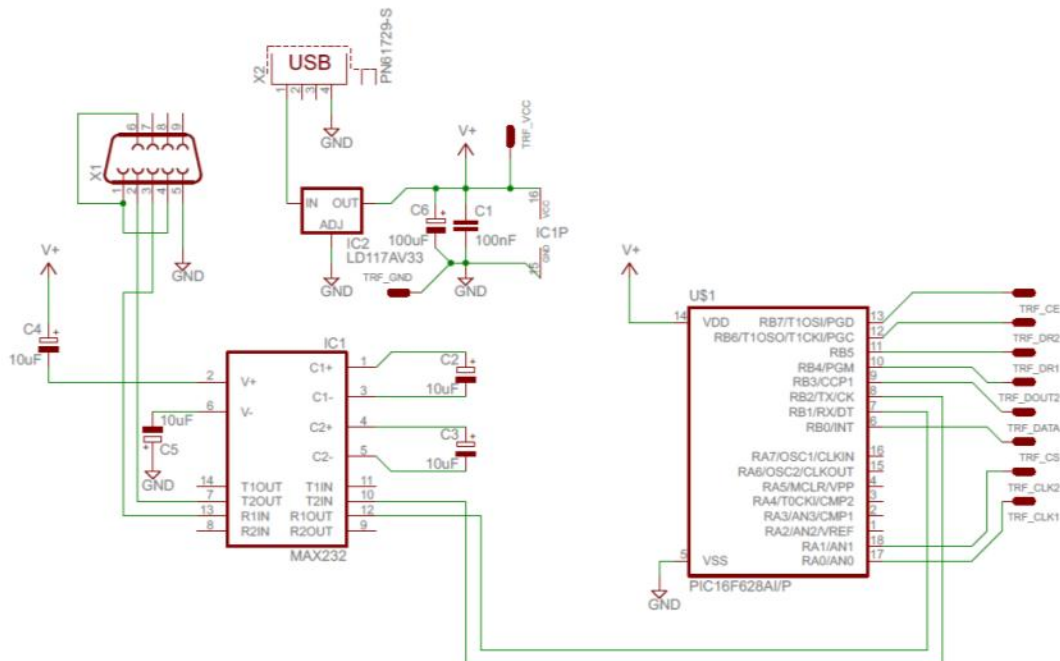


Figura 8.30. Esquema del modulo transceptor

### 8.11.9 Modem GSM

Con el modem GSM se puede enviar mensajes de texto para aviso de las diferentes alarmas generadas cuando el modulo de sensores emite una alarma y también para activar y desactivar el modulo de alarma.

#### 8.11.9.1 Funcionamiento

El modem esta activado para funcionar con cualquier operadora dentro de un área de cobertura. Cuando existe una alarma que se ha generado en el modulo de sensores el mensaje que se tiene sobre el tipo de alarma se procede a enviar al número que se especifique. Cuando se requiera activar o desactivar el modulo de sensores lo que se hace es escribir un mensaje con el comando para activación y desactivación.

#### 8.11.9.2 Especificaciones

- El teléfono Nokia 3220 funciona en la red inalámbrica GSM a 850/1800/1900 MHz.
- La batería basada en la tecnología Li-Ion (Ion de litio).
- Mensajes: SMS, EMS, MMS.
- Puerto de comunicación serie.
- Cable de datos Cable Dku 5 (CA-42)

### 8.11.10 Interface de usuario de Visual Basic

Es desde donde se puede controlar a todos los dispositivos que se han desarrollado en donde se puede tener un control para los módulos de sensores, encendido y apagado de luminarias o tomacorrientes, envío de mensajes de texto, etc. En la figura 8.31 se tiene la interface de usuario para el manejo de todos los dispositivos desarrollados.

#### 8.11.10.1 Funcionamiento

El funcionamiento descrito en las secciones anteriores se lo puede hacer mediante diferentes ventanas que se despliegan según se lo requiere por parte del usuario en la ventana x se tiene la ventana de usuario con una lista de menús con el cual se puede seleccionar la función requerida en la figura 8.32 se tiene desplegadas varias ventanas.

#### 8.11.10.2 Especificaciones

- Tres puertos serie conformados por adaptadores USB – Serial en caso que la PC no posea estos puertos.
- Un sistema operativo Windows XP o Windows 7.

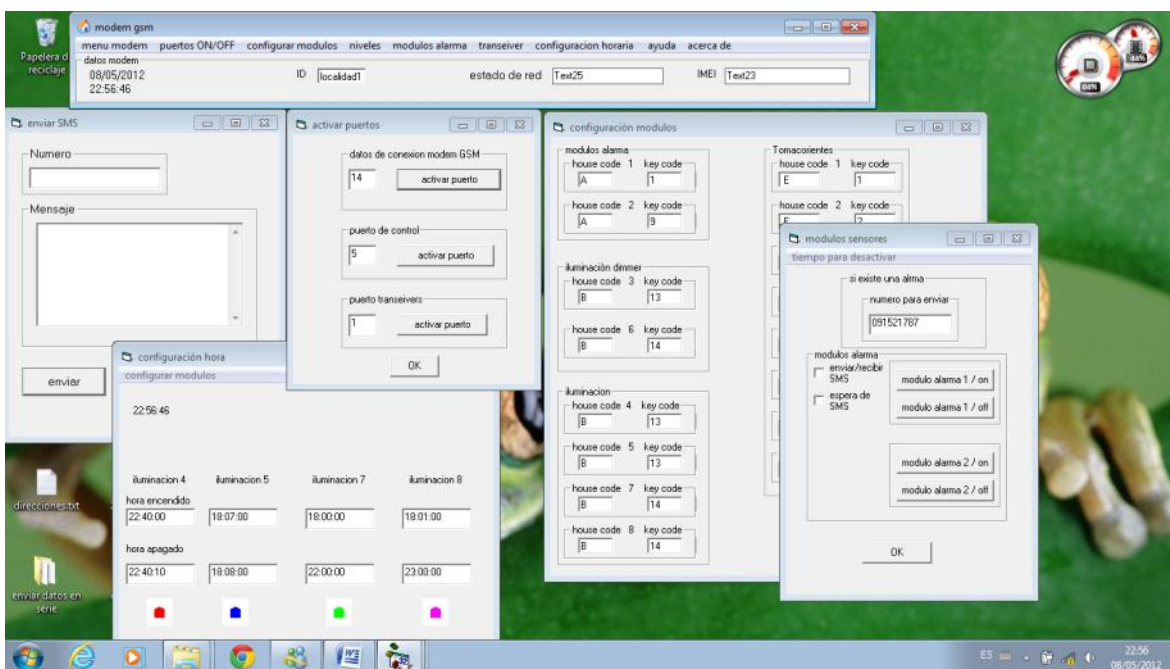


Figura 8.31. Interface de usuario

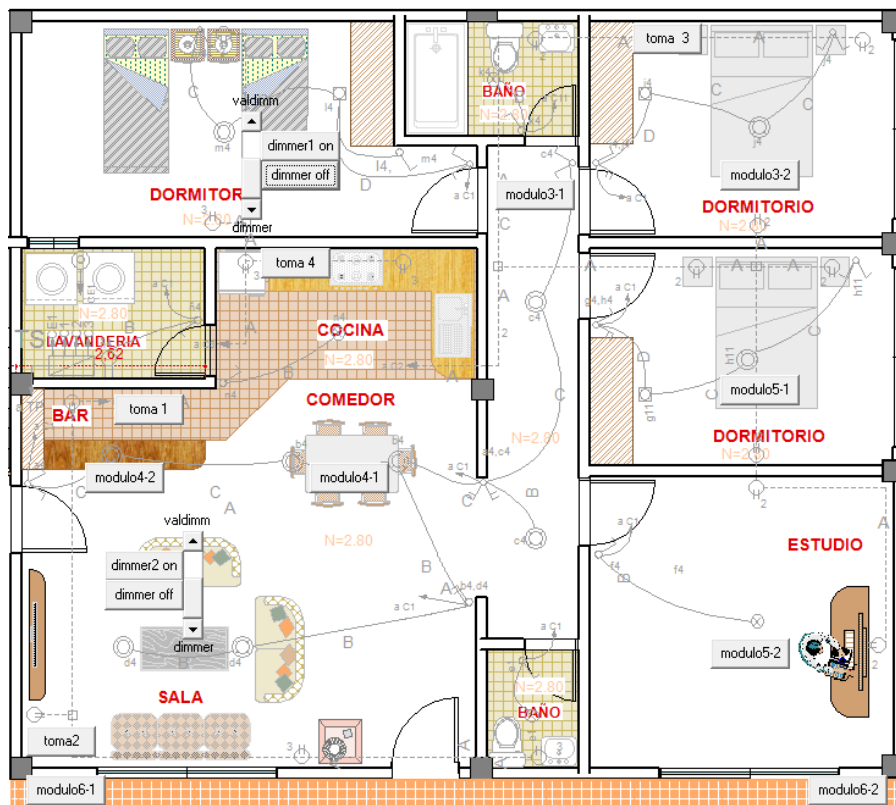


Figura 8.32. Disposición de cada uno de los módulos.

### 8.12 Costos referenciales de los módulos X-10 desarrollados

Para la implementación de este sistema se ha hecho varios gastos, el costo referencial de cada uno de estos módulos en donde se incluye los demás elementos.

En las tablas siguientes se puede observar los costos referenciales de cada uno de los módulos.

Tipo de dispositivo	Elementos usados	Valor unitario
Dimmer	Costo PIC	3,75
	Elementos varios	8
	Total	11,75

Tabla 8.3. Costo del dimmer

Tipo de dispositivo	Elementos usados	Valor unitario
Modulo tomacorrientes	Costo PIC	9
	Elementos varios	14
	Total	23

Tabla 8.4. Costo para el módulo de tomacorrientes

Tipo de dispositivo	Elementos usados	Valor unitario
Modulo de iluminación	Costo PIC	9
	Elementos varios	14
	Total	23

Tabla 8.5. Costo para el modulo de iluminación

Tipo de dispositivo	Elementos usados	Valor unitario
fuente de poder	Transformador 24V	4
	Costo todos los elementos	10
	Total	14

Tabla 8.6. Costo para la fuente de poder

Tipo de dispositivo	Elementos usados	Valor unitario
modulo interface PC	Costo PIC	9
	Costo Max 232	2,5
	Elementos varios	17
	Total	28,5

Tabla 8.7. Costo para el modulo interface con la PC





### **8.13 Adquisición de una computadora personal**

El uso de una PC de recursos bajos es más que suficiente para la instalación del software implementado para el control domotico para ya que para las operaciones de control es suficiente. Adicionalmente se puede usar un computador previamente adquirido no es necesario que se mantenga en un lugar fijo.

### **8.14 Adquisición de complementos para la comunicación**

Todo lo referente cables de alimentación y cables serie para la comunicación se los puede adquirir en las tiendas electrónicas o de computación y de esta manera ampliar es sistema.

## **CAPITULO 9**

### **9.1 Conclusiones y recomendaciones**

#### **Conclusiones**

- Los requerimientos de la domótica dependen mucho del grado de automatización que se requiera en un inmueble, se puede ampliar con dispositivos adicionales siendo lo ideal para realizar tareas de poca complejidad dentro del inmueble teniendo en consideración que utiliza el cableado ya existente y por lo tanto las modificaciones o ampliaciones en el sistema de control son realizables con total facilidad con un bajo impacto estético además que el sistema x10 desarrollado está dirigido a una vivienda se puede decir que los niveles de ruido en la red eléctrica son bajos ya que para el correcto funcionamiento de todo el sistema, se debe tener en cuenta la relación señal ruido en cada medio donde se instale el sistema ya que las condiciones de las instalaciones eléctricas no son las mismas en todas la viviendas.
- Los módulos que trabajen en un medio ruidoso tienen el inconveniente que no actúen, en consecuencia cuando existe un dato inválido debido a que el ruido presente provoca datos erróneos, debido a esto se ha colocado un amplificador de pulsos y una fuente de 30 Vcc para lograr el objetivo para que la señal pueda viajar a una distancia de unos 35m para lograr una comunicación correcta entre módulos, los módulos que son únicamente receptores cuentan con fuentes pequeñas las cuales son pequeñas fuentes



conmutadas que comúnmente de las conoce como cargadores para celulares.

- La fuente de poder no está incluida en las placas de los módulos sino que se ha colocado un cargador de celular por ser de bajo costo y además solo se requiere 5V para la alimentación, se ha hecho esto porque una fuente sin transformador genera mucho ruido al esta configurado con capacitores en serie y al estar ubicada cerca del modulo provoca que se comuniquen adecuadamente los módulos por el ruido que se produce.
- 
- Para lograr una comunicación a una distancia mucho mayor es posible amplificar mas la señal de pulsos pero al hacer esto se hace un gasto innecesario ya que económicamente no es factible y para un hogar no es necesario hacer un sistema complejo.
- En el funcionamiento normal de los módulos siempre están esperando a que llegue un dato pero debido a que los niveles de ruido a veces tienen una mayor amplitud que las de los datos validos entonces en ese momento el modulo comienza a leer pero como el dato no coincide con la información que contiene el modulo no habrá actuación alguna.
- Uno de los problemas encontrados en el desarrollo de este trabajo es que mientras se hacía pruebas de comunicación en diferentes ambientes se encontró uno que uno de ellos es el mas ruidoso es de este ultimo ambiente del cual se han obtenido las imágenes del espectro de frecuencia pero ya no se logro la comunicación a una distancia máxima de 35m sino que apenas se llega a los 10m esto es debido a que este ambiente es de oficina en donde se encuentran conectadas varias computadoras y aparatos electrónicos con fuentes conmutadas.
- Existe el inconveniente de que si cualquier modulo se coloca demasiado lejos del modulo maestro es decir a mas de los 35m con los que se ha realizado las pruebas de comunicación es posible que no se detecte ningún dato valido y en consecuencia no va a servir la comunicación.
- A pesar de que este protocolo tiene varios años su aplicación es dirigida para uso domestico, por su costo considerablemente bajo y la fácil instalación, además por su velocidad en la transmisión de datos se vuelve complicado realizar un sistema X10 para tareas complicadas ya que la comunicación que se realiza es mediante un medio compartido y en modo half-duplex. Para algunas tareas de control que se requiere gran cantidad



de datos es necesario un mayor ancho de banda ya que en el protocolo X10 el ancho de banda es 60bps es decir se tiene una transmisión de datos lenta.

- A más de la distancia de comunicación se observo el espectro de frecuencia con el que para la señal de 60Hz, para la señal de 120KHz y además para el ruido que produce un motor de baja potencia y que no se produjo ningún inconveniente para la comunicación cuando el motor está en funcionamiento ya que se observa que produce ruido a baja frecuencia valores inferiores a con el que trabaja los módulos, es decir los módulos reciben señales a 120KHz.
- La complejidad de la aplicación no depende en sí de los servicios GSM que usa sino de la funcionalidad que se le quiera dar. Los mecanismos de acceso al modem para enviar/recibir SMS son sencillos y las aplicaciones que se quiera desarrollar usando el hardware y software necesario como es en el caso de este proyecto desarrollado.
- Para realizar aplicaciones en el PC que accedan a los servicios de GSM y en concreto al servicio de envío/recepción de SMS hay que tener información sobre Acceso al puerto serie desde el PC. Esto depende del sistema operativo empleado y descripción y sintaxis de los comandos AT y AT+, porque no todos lo modem aceptan el mismo formato de comandos.
- En modo de funcionamiento el modem GSM es usado principalmente para el envío de mensajes de alerta hacia los usuarios y cuando se recibe mensajes se puede activar o desactivar el sistema de alarma lo cual es ventajoso para el usuario.
- Existe la posibilidad del uso de un terminal de datos pero no se ha podido lograr la comunicación correcta ya que los comandos AT que usan estas terminales son diferentes a los usados en este trabajo, tienen un formato diferente y no se los puede configurar para el uso que se ha detallado en el capítulo 5.
- La transmisión por la red eléctrica se la puede capturar por alguna persona que entienda el perfecto funcionamiento del sistema X-10 y además el modo de envío de datos con el cual se ha desarrollado este trabajo es un tanto diferente al protocolo X10, además que tuviese que entender bien el procedimiento usado en este trabajo, pero adicionalmente para evitar esto



la señal debe estar codificada de esta manera se evita que se descifre el contenido de los datos.

- Se puede decir que pero en el trabajo realizado los códigos house\_code y key\_code pueden tener un diferentes orden es decir esta parte del programa en los módulos para un hogar contiguo puede ser diferente de esta manera evitar que alguien descifre los códigos al no ser un código estándar para todos los módulos se hará un poco difícil ya que al tener una codificación
- En cuanto al modulo transceptor es usado para enviar señales de aviso hacia otros modulo para que otros usuarios puedan enterarse de alertas que se generen en hogares contiguos, además el uso de estos módulos pueden ser usados en aplicaciones más complejas en donde se involucra el envío de varios datos al mismo tiempo debido a que su frecuencia de uso está en la banda de los 2,4 GHz

### **Recomendaciones**

- Para que un sistema llegue a ser funcional no significa que se realice una implementación muy compleja, pero puede llegar a ser muy complicado desarrollar un software que para el usuario final presente funciones muy sencillas.
- Para realizar sistemas de seguridad en base a este protocolo X10 es necesario implementar funciones de autenticación al protocolo para evitar que cualquier usuario no autorizado acceda al sistema.
- El protocolo usado es recomendable para hogares donde el numero de tareas a realizarse es limitado, es decir cuando no se requiere enviar más de una trama X10 por segundo.
- Para un buen funcionamiento del sistema mediante la red eléctrica se recomienda que el ambiente de instalación del sistema X 10 sea residencial ya que la distancia para un buen desempeño entre módulos maestro y esclavo es de aproximadamente de 35m del cableado eléctrico y para que no ocurra problemas de comunicación ya que no de ser así la confiabilidad de una buena comunicación se reduce.



- El modulo dimmer desarrollado se debe colocar en el lugar cercano de la PC debido a que en este lugar es donde se puede observar los niveles de iluminación.
- Para una aplicación futura se puede ampliar el número de triacs para el control de más dispositivos dentro de un inmueble.
- Se puede usar cualquier tipo de modem GSM que aun existen y que se pueda configurar en modo de texto para este tipo de aplicaciones, teniendo en consideración la frecuencia de trabajo de las operadoras en el país, con la interacción del modem se puede dar la complejidad que se requiere para este proyecto desarrollado agregando mas comandos para dar una mejor funcionalidad mayor al sistema.
- Es importante tener en cuenta que los módulos transceptores son los dispositivos que agregan la funcionalidad de alertar a otros usuarios mediante la emisión alertas hacia los demás módulos entonces es importante que en los alrededores no exista grandes obstáculos que impida su buen desempeño ya que su potencia para el envío de datos es reducida considerando que está alimentado con apenas 3,3V y tiene un alcance de 200m aproximadamente.
- Para el control de todos los dispositivos se lo puede hacer mediante una PC con pocos recursos para control master ya que el programa interface desarrollado en Visual Basic no requiere demasiados recursos de memoria o gran de velocidad procesamiento entonces al tener una PC de estas características se reduce sustancialmente el costo para la implementación del sistema domótico la misma puede permanecer encendida por varias horas al día mientras los habitantes de los hogares no se encuentren.
- El costo para los módulos de este sistema domótico no es alto teniendo en cuenta que se lo puede realizar localmente cada uno de los módulos ya que todos los elementos que integran los módulos se los puede conseguir en el las tiendas de electrónica que actualmente se encuentran en la ciudad.

## 9.2 Referencias

**Datos Generales TRW 24G.** s.f. [http://www.laipac.com/easy\\_trf24\\_eng.htm](http://www.laipac.com/easy_trf24_eng.htm) (último acceso: 30 de septiembre de 2011).

*Manejo de comandos AT.* s.f. [alarmagsm.googlecode.com/files/COMANDOS%20AT.doc](http://alarmagsm.googlecode.com/files/COMANDOS%20AT.doc) (último acceso: 1 de Septiembre de 2011).

*Aqui Hay Apuntes; Protocolo X10.* s.f. <http://www.aquihayapuntes.com/x-10.html> (último acceso: 25 de 10 de 2011).

*Bluehack.* s.f. <http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html> (último acceso: 1 de 8 de 2011).

Boter, Carmina, Laia Sánchez, y J. L. Romeral. «Universidad Politecnica de Cataluña.» *Sistema de control y supervisión remota basada en telefonía móvil GSM.* s.f. <http://www.jcee.upc.es/JCEE2001/PDFs2001/GSM.pdf> (último acceso: 5 de Agosto de 2011).

Breijo, Eduardo García. «compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC.» 2008.

Burroughs, Jon. «Microchip Technology Inc.» *X-10 Home Automation Using the PIC16F877A.* s.f. <http://www.microchip.com> (último acceso: 14 de septiembre de 2011).

*Casadomo.* s.f. <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14> (último acceso: 14 de 11 de 2011).

*Catalogo de focos ahorradores.* s.f. [http://www.peminet.net/electroiluminacion/focos/osram\\_ahorr.pdf](http://www.peminet.net/electroiluminacion/focos/osram_ahorr.pdf).

*Conceptos de alumbrado.* s.f. <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html> (último acceso: 3 de marzo de 2012).

*Consumo electrodomesticos.* s.f. <http://www.electricidadbasica.net/consumos.htm> (último acceso: 5 de mayo de 2012).

Coronado Barrios, Miguel, Antonio Lopez Navarro, Nuria Pérez Magariños, y Rubén San Segundo Hernández. «Tutorial de manejo de la uart y conexión con un modem o teléfono GSM. Universidad Politécnica de Madrid.» 2006. [http://lsed.die.upm.es/public/tutoriales/Tutorial\\_UART\\_MODEM\\_GSM.doc](http://lsed.die.upm.es/public/tutoriales/Tutorial_UART_MODEM_GSM.doc) (último acceso: 20 de Octubre de 2011).



*Detectores de Gas.* s.f.  
[http://www.nidcd.nih.gov/health/spanish/pages/gasdtctr\\_span.aspx](http://www.nidcd.nih.gov/health/spanish/pages/gasdtctr_span.aspx) (último acceso: 7 de junio de 2012).

Enríquez Harper, Gilberto. *Guia Practica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas*. Limusa, s.f.

«Hojas de características Transeiver.» *Single chip 2.4 GHz Transceiver, nRF2401*. s.f. [http://www.sparkfun.com/datasheets/RF/nRF2401rev1\\_1.pdf](http://www.sparkfun.com/datasheets/RF/nRF2401rev1_1.pdf) (último acceso: 8 de septiembre de 2011).

*Introducción a los sistemas de seguridad.* s.f.  
<http://tecnoseguridad.netii.net/introduccion/81/> (último acceso: 5 de junio de 2012).

«Low Power High Performance 2.4 GHz GFSK Transceiver.» s.f.  
<http://www.cika.com/newsletter/archives/TRW-24G.pdf> (último acceso: 30 de septiembre de 2011).

«Manual modem wavecom.» s.f.  
<http://www.coster.info/costerit/teleges/doc/gsm822w.pdf> (último acceso: 8 de 8 de 2011).

Mark W. Earley P.E., Jeffrey S. Sargent, Joseph V. Sheehan, P.E., John M. Calogero. *National Electrical Code Handbook*. 2005.

«Microchip Technology Inc.» *PIC16F87X Data Sheet 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers*. 2001. <http://www.microchip.com>.

«Microchip Technology Inc.» *PIC16(L)F1826/27 Data Sheet 18/20/28-Pin Flash Microcontrollers with nanoWatt XLP Technology*. 2011. <http://www.microchip.com>.

«Microchip Technology Inc.» *PIC16F627A/628A/648A Data Sheet FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers*. 2002. <http://www.microchip.com>.

MIDUVI. «Norma Ecuatoriana de Construcción NEC10.» Creado Mediante el Decreto Ejecutivo N° 3970 15 de Julio 1996.

*Monitoreo de alarmas.* s.f. <http://alertamonitoreo.com/configure-su-sistema-de-alarma/detectores-de-movimiento> (último acceso: 5 de junio de 2012).

Penagos, Hernan Paez. «Sistema de comunicación de datos a través de la red eléctrica domiciliaria.» *Universidad de los Andes Colombia*. s.f.





<http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rev18-16.pdf> (último acceso: 30 de Diciembre de 2011).

*Pinouts.ru.* s.f. [http://pinouts.ru/CellularPhones-Nokia/nokia\\_pop\\_pinout.shtml](http://pinouts.ru/CellularPhones-Nokia/nokia_pop_pinout.shtml) (último acceso: 12 de 8 de 2011).

*Proteccion Titanium.* s.f. <http://protecciontitanium2948.com/web/> (último acceso: 12 de 6 de 2012).

«Punto flotante.» *Comandos AT NOKIA.* 2000. <http://www.puntoflotante.net/GSM%20COMANDOS%20AT%20NOKIA.pdf> (último acceso: 31 de 8 de 2011).

«Seguridad mobile.» *Comandos AT.* s.f. <http://www.seguridadmobile.com/bluetooth/especificacion-bluetooth/arquitectura-de-protocolo/Files/comandosAT.txt>.

«Sparkfun.» *Hoja de características del modulo TRF 24G.* s.f. [http://www.sparkfun.com/datasheets/RF/RF-24G\\_datasheet.pdf](http://www.sparkfun.com/datasheets/RF/RF-24G_datasheet.pdf) (último acceso: 8 de septiembre de 2011).

*Super inventos.* s.f. <http://www.superinventos.com/Queesx10.htm> (último acceso: 1 de 8 de 2011).

Taboada, J.A. *Manual Luminotecnico.* DOSSAT S.A., 1983.

Villafuerte, Santiago. «Instituto Politecnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco.» *Automatización de un hogar mediante tecnología X-10.* s.f. <http://www.migsantiago.com>.

Web, William. *Undestanding Cellular Radio.* 1998.