

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES  
DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ALARMA COMUNITARIA A BASE DE MÓDULOS  
INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**AUTOR: DIEGO XAVIER CASTILLO IMBAQUINGO**

**DIRECTOR: ING. EDISON JÁCOME**

**IBARRA, ENERO 2012**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR**  
**DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica Del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
CÉDULA DE IDENTIDAD	100274183-1
APELLIDOS Y NOMBRES	CASTILLO IMBAQUINGO DIEGO XAVIER
DIRECCIÓN	Av. Jaime Roldós 12-123 y José Miguel Vaca Flores
EMAIL	diego_kastello@hotmail.es
TELEFONO MOVIL	093 070 928

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
TITULO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA A BASE DE MÓDULOS INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIG-BEE
AUTOR	CASTILLO IMBAQUINGO DIEGO XAVIER
FECHA	Marzo del 2012
PROGRAMA	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
DIRECTOR	ING. EDISON JÁCOME

## **2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Diego Xavier Castillo Imbaquingo, con cedula de identidad Nro. 1002741831, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica Del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos. Para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con La Ley De Educación Superior Artículo 143.



**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**  
**CESION DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO**  
**DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**  
**TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Diego Xavier Castillo Imbaquingo, con cedula de identidad Nro. 100274183-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica Del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA A BASE DE MÓDULOS INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIG-BEE”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación quedando la Universidad Técnica Del Norte facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia suscribo este documento en el momento en el que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica Del Norte.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Diego Xavier Castillo Imbaquingo

Cedula: 100274183-1

Ibarra, Marzo del 2012

## **DECLARACIÓN**

Yo, Diego Xavier Castillo Imbaquingo, con cedula de identidad Nro. 100274183-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Diego Xavier Castillo Imbaquingo

C:I:100274183-1

Autor

## **CERTIFICACIÓN**

Una vez revisado el proyecto “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA A BASE DE MÓDULOS INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIG-BEE**”, realizado por el señor estudiante Diego Xavier Castillo Imbaquingo, con cedula de identidad Nro. 100274183-1, certifico que el mencionado proyecto fue realizado en su totalidad por el señor Diego Castillo.

ING. Edison Jácome

DIRECTOR DE TESIS

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, porque gracias a su cariño, apoyo y confianza he llegado a realizar dos de mis más grandes metas en la vida. La culminación de mi carrera profesional y el hacerles sentir orgullosos de esta persona que tanto los ama.

A mis maestros, compañeros, amigos y a quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, hago este triunfo compartido, sólo esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son inspirados en cada uno de ustedes.

## **DEDICATORIA**

Cuando miramos hacia el futuro, vemos numerosas incertidumbres sobre lo que será el mundo de nuestros hijos, de nuestros nietos y de los hijos de nuestros nietos. Pero al menos, de algo podemos estar seguros: si queremos que la Tierra pueda satisfacer las necesidades de los seres humanos que la habitan, entonces la sociedad humana deberá transformarse, y educarse. Por lo cual dedico este trabajo a las personas que mediante su esfuerzo desean cambiar nuestra sociedad, formándose como profesionales capaces de crear un futuro mejor para las siguientes generaciones.



## **RESUMEN**

El presente trabajo consiste en el diseño e implementación de un sistema de alerta comunitario inalámbrico entre locales comerciales, viviendas, departamentos, etc. Este sistema está compuesto por varios dispositivos electrónicos que permiten comunicación inalámbrica bajo la tecnología Zigbee, los cuales dan aviso de un evento (asalto, robo, emergencia, etc.) mediante el accionamiento de sensores conectados al mismo, e identificando el lugar donde se origina la alerta.

El documento inicia con una revisión del estándar Zigbee en la especificación IEEE 802.15.4, para luego pasar al diseño del sistema realizando una descripción de los módulos que forman parte del Sistema de Alarma Comunitaria y señalando el proceso de selección de hardware y la construcción del software, como también los diagramas de conexión de cada dispositivo y los diagramas de flujo del programa fuente.

En la tercera parte del documento se muestra las diferentes pruebas de hardware y software a las que fue sometido el sistema de alarma comunitaria, con la finalidad de comprobar el funcionamiento para el que fue diseñado.

Una vez implementado el sistema y realizado pruebas de funcionamiento se procede a realizar un presupuesto económico de implementación como también un plan de contingencia a efectuarse frente a la presencia de alertas.

Y finalmente con toda la información recogida en el desarrollo del sistema se procede a establecer las conclusiones respectivas y a proponer mejoras en el diseño del sistema y manejo del mismo.

## **ABSTRACT**

The present text consists on the design and implementation of a System of Community Alarm wireless among local commercial, housings, departments, etc. This system is compound for several electronic devices that allow wireless communication under the technology Zigbee, which give warning of an event (assault, robbery, emergency, etc.) by means of the working of connected sensors to the same one, and identifying the place where originates the alert.

The document begins with a revision of the standard Zigbee in the specification IEEE 802.15.4, after it, is the design of the system carrying out a description of the modules that are part of the System of Community Alarm and pointing out the process of hardware selection and the construction of the software, as well as the diagrams of connection of each device and the diagrams of flow of the program source.

In the third part of the document it is shown the hardware's tests and software's tests that it was subjected the system of community alarm, with the purpose of checking the operation for which was designed.

Once implemented the system and operation's tests, was proceeds to carry out an economic budget of implementation as well as a contingency plan to be made in presence of a alert.

And finally with all the information picked up in the development of the system, proceeds to establish the respective conclusions and to propose improvements in the design of the system and handling of the same one.

## **PRESENTACIÓN**

Actualmente los organismos de seguridad, que tienen competencia y/o jurisdicción en la ciudad de Ibarra, no cuentan con los medios necesarios para realizar los controles suficientes, en todos los sectores de la comunidad ibarreña, lo que hace necesaria la colaboración de la comunidad, frente a posible presencia de delincuentes en las zonas donde existe un bajo respaldo policial.

No se puede desconocer que la comunidad, son los vigilantes constantes y colaboradores inmediatos de los entes de control, y que al igual que los anteriores también requieren de mecanismos y herramientas de apoyo que fortalezca la seguridad en los diferentes barrios y comunas que se encuentran azotados por la inseguridad ya no solo en las calles si no también dentro de sus viviendas.

Frente a esta necesidad se plantea el desarrollar un sistema de alarma comunitaria el cual permita fomentar la participación ciudadana y brindar un apoyo a la Policía Nacional para tener un mejor control de seguridad.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	IV
DIRECTOR DE TESIS.....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT .....	IX
PRESENTACIÓN .....	X
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVI
CAPITULO I.....	1
<b>1 ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR 802.15.4.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGIA ZIGBEE .....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO ZIGBEE .....	4
1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	4
1.2.2 TIPOS DE DISPOSITIVOS .....	5
1.2.3 TOPOLOGÍAS DE RED EN EL ESTÁNDAR ZIGBEE .....	6
1.2.3.1 Topología Estrella .....	6
1.2.3.2 Topología Árbol (Cluster Tree).....	7
1.2.3.3 Topología Malla (Mesh Network).....	8
1.2.4 TIPOS DE TRÁFICO SOPORTADO.....	9
1.2.4.1 Tráfico Periódico.....	9
1.2.4.2 Tráfico Intermitente.....	9
1.2.4.3 Tráfico Repetitivo Con Baja Latencia .....	10
1.2.5 ARQUITECTURA.....	10
1.2.5.1 Capa Física.....	11
1.2.5.2 Capa de Control de Acceso al Medio .....	13
1.2.5.3 Capa Red .....	15
1.2.5.4 Capa Aplicación .....	15
1.2.6 EMPAQUETAMIENTO Y DIRECCIONAMIENTO .....	17
1.2.6.1 PDU PHY.....	17
1.2.6.2 Trama MAC .....	17
1.2.6.3 PDU NWK .....	20
1.2.6.4 PDU APS .....	21
1.2.6.5 Mensajes AF (Entorno de aplicación) .....	21
1.2.7 FORMACIÓN DE LA RED .....	22
1.2.8 MODELO DE TRANSFERENCIA DE TRAMAS.....	24
1.2.8.1 Transferencia de datos hacia el coordinador .....	25
1.2.8.2 Transferencia de datos desde el coordinador .....	25
1.2.8.3 Transferencia de datos de igual a igual .....	26
1.3 ZIG BEE FRENTE A OTRAS TEGNOLOGIAS WPAN .....	26
1.3.1 ZIGBEE VS BLUETOOTH.....	26
1.3.2 ZIG-BEE VS WiBREE .....	27

1.4	APLICACIONES.....	28
<b>CAPITULO II.....</b>		<b>29</b>
<b>2</b>	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA .....</b>	<b>29</b>
2.1	DISEÑO DE HARDWARE.....	30
2.1.1	<i>ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA .....</i>	<i>30</i>
2.1.2	<i>COMPONENTES DEL SCA - XBEE.....</i>	<i>31</i>
2.1.2.1	Micro controlador.....	32
2.1.2.2	Módulo XBEE.....	34
2.1.2.3	Empaquetamiento serial a RF por el modulo XBEE.....	36
2.1.2.4	Display LCD.....	37
2.1.2.5	Teclado.....	39
2.1.2.6	Fuente de alimentación.....	39
2.1.2.7	Sensores .....	40
2.1.3	<i>DIAGRAMAS CIRCUITALES DEL SCA-XBEE.....</i>	<i>43</i>
2.1.3.1	Conexión Módulo Xbee a PIC 16f887 .....	43
2.1.3.2	Conexión LCD 16x2 a PIC 16F887 .....	44
2.1.3.3	Conexión de Teclado Matricial 4 x 4 a PIC 16f887 .....	45
2.1.3.4	Conexión de reguladores de voltaje.....	46
2.1.3.5	Circuito para carga de batería de respaldo.....	46
2.1.3.6	Conexión de terminales del sistema de alarma .....	48
2.1.3.7	Diseño de Tarjeta Madre .....	49
2.2	DISEÑO DE SOFTWARE .....	50
2.2.1	<i>DISEÑO DEL PROGRAMA FUENTE DEL MICROCONTROLADOR.....</i>	<i>50</i>
2.2.1.1	Lenguaje de programación .....	50
2.2.1.2	Compilador y Depurador.....	51
2.2.1.3	Descripción del código fuente del microcontrolador.....	52
2.2.2	<i>PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO XBEE .....</i>	<i>68</i>
2.2.2.1	Software X-CTU .....	68
2.2.2.2	Comandos AT para la configuración de módulos Xbee .....	70
2.2.2.3	Configuración del módulo Xbee .....	75
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>78</b>
<b>3</b>	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN (PRUEBAS DE OPERACIÓN) .....</b>	<b>78</b>
3.1	PRUEBAS DE HARDWARE.....	79
3.1.1	<i>PRUEBAS DE VOLTAJE APLICADO A LOS DISPOSITIVOS .....</i>	<i>79</i>
3.1.2	<i>PRUEBA DE CONSUMO DE ENERGÍA.....</i>	<i>80</i>
3.1.3	<i>PRUEBA DE ALCANCE .....</i>	<i>81</i>
3.1.3.1	Primer caso (Zonas de construcciones altas).....	83
3.1.3.2	Segundo caso (Zonas semi-despejadas) .....	83
3.2	PRUEBAS DE SOFTWARE .....	84
3.2.1	<i>PRUEBA DE RETENCIÓN DE DATOS EN MEMORIA EEPROM.....</i>	<i>84</i>
3.2.2	<i>PRUEBA DE RECEPCION Y TRASMISIÓN DE DATOS.....</i>	<i>86</i>
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>90</b>
<b>4</b>	<b>COSTOS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA CON TEGNOLOGIA ZIGBEE .....</b>	<b>90</b>
4.1	CALCULO DEL COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO SCA-XBEE.....	91
4.2	SISTEMA SCA-XBEE FRENTE AL SISTEMA GSM.....	93
4.2.1	<i>DISEÑO.....</i>	<i>93</i>
4.2.2	<i>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN.....</i>	<i>94</i>
4.2.2.1	<i>Costos de Implementación.....</i>	<i>94</i>

4.2.2.2	<i>Costos de Operación</i> .....	95
4.3	PLAN DE CONTINGENCIA .....	96
4.3.1	<i>ORGANIZACIÓN</i> .....	97
4.3.2	<i>PROCEDIMIENTO</i> .....	97
<b>CAPITULO V</b>	.....	<b>99</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>99</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	100
5.2	RECOMENDACIONES .....	102
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>104</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1.- CAPAS DE ARQUITECTURA ZIGBEE. ....	3
FIGURA 1-2.- TOPOLOGÍA ESTRELLA. ....	7
FIGURA 1-3.- TOPOLOGÍA ÁRBOL.....	8
FIGURA 1-4.- TOPOLOGÍA MESH.....	9
FIGURA 1-5.- ARQUITECTURA EN CAPAS ZIGBEE. ....	11
FIGURA 1-6.- CANAL DE TRANSMISIÓN DE LA BANDA DE 868.3 MHZ PARA 802.15.4.....	11
FIGURA 1-7.- CANALES DE TRANSMISIÓN DE LA BANDA DE 915 MHZ PARA 802.15.4. ....	12
FIGURA 1-8.- CANALES DE TRANSMISIÓN DE LA BANDA DE 2,4 GHZ PARA 802.15.4.....	12
FIGURA 1-9.- MENSAJE ZIGBEE CON CABECERA DE CAPA FÍSICA. ....	17
FIGURA 1-10.- ESTRUCTURA DEL MENSAJE PDU PHY.....	17
FIGURA 1-11.- ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE MAC DE DATOS. ....	18
FIGURA 1-12.- ESTRUCTURA TRAMA MAC DE ACK. ....	18
FIGURA 1-13.- ESTRUCTURA TRAMA MAC DE COMANDOS. ....	19
FIGURA 1-14.- ESTRUCTURA TRAMA BALIZA. ....	19
FIGURA 1-15.- ESTRUCTURA DE SUPERTRAMA. ....	20
FIGURA 1-16.- ESTRUCTURA MENSAJE PDU CAPA DE RED.....	21
FIGURA 1-17.- ESTRUCTURA MENSAJE PDU DE SUB-CAPA SOPORTE DE APLICACIÓN.....	21
FIGURA 1-18.- ESTRUCTURA MENSAJE KVP DE LA CAPA ENTORNO DE APLICACIÓN. ....	22
FIGURA 1-19.- ESTRUCTURA MENSAJE MSG DE LA CAPA ENTORNO DE APLICACIÓN. ....	22
FIGURA 1-20.- FORMACIÓN DE UNA NUEVA RED. ....	23
FIGURA 2-1- ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA.....	31
FIGURA 2-2.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SCA-XBEE.....	31
FIGURA 2-3.- DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F887. ....	33
FIGURA 2-4.- MÓDULOS XBEE (IZQUIERDA) Y XBEE PRO (DERECHA). ....	34
FIGURA 2-5.- PATRÓN DE RADIACIÓN DEL XBEE-PRO CON ANTENA WHIP. ....	35
FIGURA 2-6 TRAMA DE DATOS PARA LA COMUNICACIÓN SERIAL.....	37
FIGURA 2-7.- DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL DISPLAY LCD DE 16 CARACTERES POR DOS LÍNEAS. ....	38
FIGURA 2-8.- TECLADO MATRICIAL DE 4 FILAS Y 4 COLUMNAS. ....	39
FIGURA 2-9.- EMPAQUETADO TO92 , COMÚN PARA REGULADOR DE VOLTAJE DE LA FAMILIA LM78XX. ....	40
FIGURA 2-10.- DETECTOR DE MOVIMIENTO.....	41
FIGURA 2-11.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DETECTOR DE MOVIMIENTO PARADOX.....	41
FIGURA 2-12.- CONTACTOS MAGNÉTICOS. ....	42
FIGURA 2-13.- BOTÓN DE PÁNICO CONECTADO A LOS TERMINALES DEL SCA-XBEE.....	43
FIGURA 2-14.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÓDULO XBEE A PIC 16F887.....	44
FIGURA 2-15.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN LCD 16x2 AL PIC 16F887.....	45
FIGURA 2-16.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL TECLADO MATRICIAL 4 x 4 AL PIC 16F887.....	45
FIGURA 2-17.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS REGULADORES DE VOLTAJE LM7812, LM7805 Y LM317 ..	46
FIGURA 2-18.- DIAGRAMA DE CARGADOR DE BATERÍA DE RESPALDO. ....	47
FIGURA 2-19.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL PIC LOS TERMINALES.....	48
FIGURA 2-20.- DISEÑO PLACA MADRE DEL SCA-XBEE, VISTA CON DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS ELECTRÓNICOS. ....	49
FIGURA 2-21.- DISEÑO PLACA MADRE DEL SCA-XBEE, RUTEO DE PISTAS.....	49
FIGURA 2-22.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL DEL MICRO CONTROLADOR. ....	53
FIGURA 2-23.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA PÁNICO(). ....	54
FIGURA 2-24.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA EMERGENCIA(). ....	55
FIGURA 2-25.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA MSJVECINO(). ....	56
FIGURA 2-26.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA ACTIVAR(). ....	57
FIGURA 2-27.- DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROGRAMA DESACTIVAR(). ....	58

FIGURA 2-28.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA CONFIGURAR().....	59
FIGURA 2-29.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA FAMILIA() .....	60
FIGURA 2-30.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA DIRECCIÓN() .....	61
FIGURA 2-31.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA CLAVEDEACCESO().....	62
FIGURA 2-32.- DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROGRAMA TERMINALES () .....	63
FIGURA 2-33.- DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROGRAMA VALIDAKEY(). .....	64
FIGURA 2-34.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA LEECLAVE(). .....	65
FIGURA 2-35.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA SETEAR(). .....	65
FIGURA 2-36.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA TECLA().....	66
FIGURA 2-37.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA LEELETRA().....	67
FIGURA 2-38.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBPROGRAMA LEENUMERO().....	67
FIGURA 2-39.- DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS SUBPROGRAMAS BEEPOK() Y BEEPBAD().....	68
FIGURA 2-40.- DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE UN MÓDULO XBEE AL PUERTO SERIAL DE UN PC .....	70
FIGURA 2-41.- CONFIGURACIÓN DE DOS MÓDULOS XBEE PARA UNA RED BROADCAST.....	77
FIGURA 3-1.- PRUEBA DE ALCANCE CON X-CTU. ....	82
FIGURA 3-2.- NOMBRE DE FAMILIA CONFIGURADA.....	85
FIGURA 3-3.- DIRECCIÓN CONFIGURADA .....	85
FIGURA 3-4.- CLAVE CONFIGURADA .....	86
FIGURA 3-5.- DISTRIBUCIÓN DE SCA-XBEE EN LA ZONA DE APLICACIÓN .....	87



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1.- DESCRIPCIÓN DE PINES REQUERIDOS POR MICROCONTROLADOR.....	32
TABLA 2-2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PIC 16F887.....	33
TABLA 2-3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES MÓDULOS XBEE.....	36
TABLA 2-4.- DESCRIPCIÓN DE PINES DEL DISPLAY LCD DE 16 CARACTERES POR DOS LÍNEAS.....	38
TABLA 2-5.- RESUMEN DE COMANDOS AT MÁS USADOS.....	75
TABLA 2-6.- CANALES DE FRECUENCIA Y SU RESPECTIVA FRECUENCIA CENTRAL EN GHZ.....	77
TABLA 3-1.- TABLA DE VOLTAJES MEDIDOS EN 1 SCA-XBEE, (ERROR DE $\pm 8\%$ ).....	79
TABLA 3-2.- DURACIÓN DE BATERÍA MEDIDA EN UN MÓDULO ALARMA.....	81
TABLA 3-3.- TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBA DE ALCANCE EN ZONAS DE CONSTRUCCIONES ALTAS ....	83
TABLA 3-4.- TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBA DE ALCANCE EN ZONAS DE CONSTRUCCIONES BAJAS ....	84
TABLA 3-5.- DATOS CONFIGURADOS EN UN SCA-XBEE (PRUEBAS DE OPERACIÓN).....	85
TABLA 3-6.- CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS EN LOS SCA-XBEE.....	86
TABLA 3-7.- TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBA DE RECEPCIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS.....	88
TABLA 4-1.- COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO SCA-XBEE.....	92
TABLA 4-2.- COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCA-XBEE.....	93
TABLA 4-3.- COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA GSM.....	94
TABLA 4-4.- COMPARACIÓN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN ENTRE GSM Y SCA-XBEE.....	95
TABLA 4-5.- COSTOS DE OPERACIÓN DE CUATRO USUARIOS CON SISTEMA GSM EN UN AÑO.....	95
TABLA 4-6.- COSTO DE OPERACIÓN DE CUATRO USUARIOS CON SISTEMA SCA-XBEE EN UN AÑO.....	96

## **CAPITULO I**

### **ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR 802.15.4.**

En la actualidad existe un gran conjunto de estándares de tecnologías inalámbricas dedicados a transferir datos para aplicaciones de voz, video, redes LAN, PAN<sup>1</sup>, WAN, etc. No obstante, hasta hace pocos años no existía un estándar inalámbrico dedicado a sensores y dispositivos de control, los cuales no requieren de un gran ancho de banda pero necesitan una baja latencia, bajo consumo de energía, gran escalabilidad y reducción en los gastos de instalación.

Hoy por hoy, existen soluciones creadas por diferentes fabricantes para cumplir con estos requerimientos, pero debido a la falta de un estándar abierto, se ha provocado un problema de interoperabilidad entre ellas.

Fue con este fin que en el año 2000 dos grupos especialistas en estándares (Zigbee y el grupo 15 de trabajo IEEE 802) se unieron para dar a conocer la necesidad de un nuevo estándar para redes inalámbricas de bajo poder y por lo tanto bajos costos en ambientes industriales y caseros. Dando como resultado que en diciembre de ese año el comité para nuevos estándares IEEE (NesCom) designará oficialmente un nuevo grupo de trabajo para el desarrollo de un nuevo estándar de baja transmisión en redes inalámbricas para áreas personales (LR-WPAN), con lo que nació el estándar que ahora se conoce como el 802.15.4.

## **1.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGIA ZIGBEE**

La “Zigbee Alliance” nace como una alianza tecnológica, sin fines de lucro, conformada por más de 100 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, con el objeto de auspiciar el

---

<sup>1</sup>PAN.- Redes de área Personal, la cubren tecnologías como Bluetooth

desarrollo e implementación de una tecnología inalámbrica de área personal a bajo costo.

Empresas como Invensys, Mitsubishi, Honeywell, Philips y Motorola trabajan para crear un sistema estándar de comunicaciones, vía radio y bidireccional, para usarlo con dispositivos de control o monitoreo. La alianza justifica el desarrollo del estándar para cubrir el vacío que se produce por debajo de Bluetooth.

Al igual que Bluetooth, el origen del nombre Zigbee es oscuro y peculiar. La idea vino de una colmena de abejas pululando alrededor de su panal y comunicándose entre ellas.

Zigbee Alliance recurrió el estándar IEEE 802.15.4 como base para desarrollar las capas inferiores del protocolo Zigbee, permitiendo utilizar una topología de red tan variada como el número de aplicaciones que pueden llegar a ser imaginadas e incluye características de seguridad mediante algoritmos empotrados.

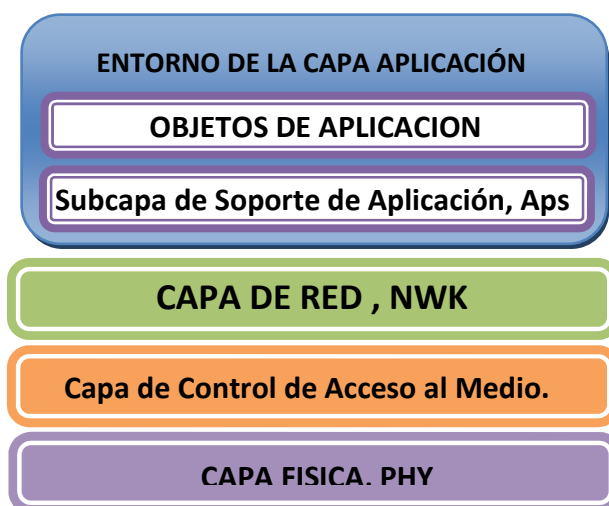


Figura 1-1.- Capas de Arquitectura Zigbee.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO ZIGBEE

### 1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El estándar IEEE solo contempla las capas física (PHY, Physical Layer) y de acceso al medio (MAC, Medium Access Control), en las modalidades CSMA/CA<sup>3</sup> (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) y DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)<sup>4</sup>, mientras que las capas superiores de red y seguridad han sido establecidas por la Alianza Zigbee; finalmente la capa aplicación corre a cargo de cada fabricante. La norma, basada en un protocolo de gran sencillez, provee un alto rendimiento en la transmisión de paquetes por radio y una alta inmunidad en ambientes con una baja relación señal/ruido (S/N), por lo que los dispositivos Zigbee son más robustos frente a interferencias que los que siguen los estándares Bluetooth o Wi-Fi. Así, en entornos de RF (Radio Frecuencia) agresivos, como es la muy saturada banda de 2,4 GHz, Zigbee se comporta mucho mejor.

Con velocidades de 20, 40 y 250 Kbps y un alcance en el rango de 10 a 75 m, Zigbee puede funcionar en las bandas ISM de 2,405-2,480 GHz (16 canales), 902- 928 MHz (10 canales) y 868 MHz (1 canal), aunque la mayoría de fabricantes optan por la primera, ya que puede ser usada en todo el mundo, mientras que las dos últimas sólo se aplican en Estados Unidos y Europa, respectivamente.

En resumen, el protocolo Zigbee IEEE 802.15.4 ofrece las siguientes características:

---

<sup>3</sup> CSMA/CA.- Es una técnica de acceso al medio sin detección de portadora.

<sup>4</sup> DSSS.- Secuencia directa de espectro expandido

- Estándar para comunicación de datos a corto alcance.
- Basado en la especificación IEEE 802.15.4 para redes de área personal.
- Ahorro en el consumo y administración de energía.
- Bajo costo de los dispositivos, instalación y mantenimiento de la red.
- Utiliza bandas ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).
- Utiliza la tecnología Secuencia Directa de Espectro Ensanchado (DSSS).
- Alcance de hasta 75 metros.
- Velocidad 20 a 250 kbps.
- Topología Maestro/Esclavo.
- Hasta 65,536 nodos por red, 255 por subred.
- Control de acceso al medio CSMA-CA.
- Incorpora algoritmos de seguridad: de encriptación y de control de acceso.

### 1.2.2 TIPOS DE DISPOSITIVOS

El estándar IEEE 802.15.4 define dos tipos de dispositivos:

- Dispositivo con funciones completas (FFD)
- Dispositivo con funciones reducidas (RFD)

Mientras que la Zigbee Alliance ha clasificado los dispositivos en tres tipos:

- **Coordinador:** Responsable de la asociación y desasociación de dispositivos en una red PAN. Es el más sofisticado de los dispositivos debido a que se requiere

mayor capacidad de memoria y de computación. Sólo existe uno por red.

- **Ruteador:** Dispositivo capaz de enrutar mensajes del estándar 802.15.4 entre dispositivos y soportar asociaciones.
- **Terminal:** Dispositivo donde se desarrollan las funciones de control u objetos a ser controlados.

Los FFDs utilizan cualquier topología y son capaces de comunicarse con cualquier otro dispositivo. Los FFDs pueden operar como: coordinador, ruteador o terminal.

Los RFD están limitados a utilizar la topología estrella, no pueden ser ni coordinadores ni ruteadores, sólo son capaces de comunicarse con el coordinador de la red. Su implementación es sencilla requiriendo de dispositivos de poca memoria y bajo costo. Pueden operar únicamente como terminales.

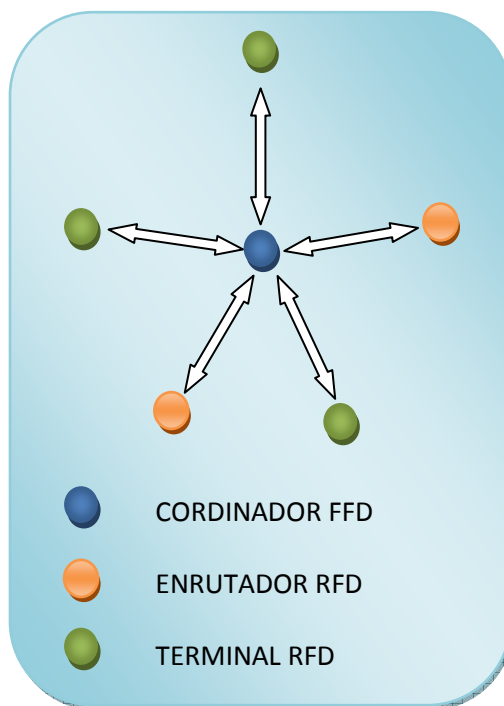
### 1.2.3 TOPOLOGÍAS DE RED EN EL ESTÁNDAR ZIGBEE

La capa de red soporta múltiples configuraciones de red incluyendo estrella, árbol y malla.

#### 1.2.3.1 Topología Estrella.

En la configuración en estrella, uno de los dispositivos tipo FFD (*Full Function Device*) asume el rol de coordinador de red y es responsable de inicializar y mantener los dispositivos en la red. Todos los demás dispositivos Zigbee, conocidos con el nombre de dispositivos finales, ‘hablan’ directamente con el coordinador, quien determinará el destino de la información, a través de tablas de

relaciones (conocidas en inglés como “bindings”) o utilizando direccionamiento directo.

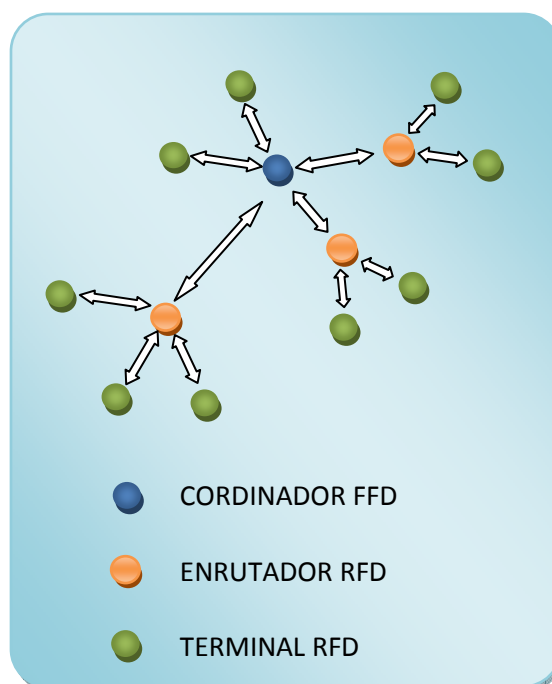


**Figura 1-2.-** Topología Estrella.  
(Fuente propia)

### 1.2.3.2 Topología Árbol (Cluster Tree).

Consiste de un coordinador más una o más configuraciones tipo estrella. Los ruteadores Zigbee extienden el rango de la red permitiendo a los dispositivos terminales unirse a ellos para comunicarse con el coordinador central. Los ruteadores se comunican solamente con el coordinador y con los terminales, no entre ellos.



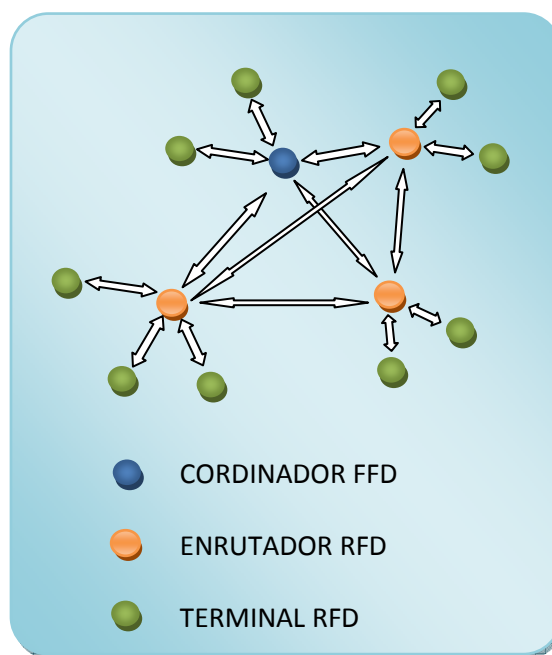


**Figura 1-3.- Topología Árbol**  
(Fuente propia)

### 1.2.3.3 Topología Malla (Mesh Network).

Es similar a la topología árbol, con excepción que los FFDs pueden comunicarse directamente. Las ventajas de esta topología son la baja latencia y la alta confiabilidad. A cambio, se requiere mayor memoria de programa y datos en un dispositivo para soportarlo.

En esta configuración, el coordinador Zigbee es responsable de inicializar la red y de elegir los parámetros de la red, pero la red puede ser ampliada a través del uso de routers Zigbee. El algoritmo de encaminamiento utiliza un protocolo de pregunta-respuesta (*request-response*) para eliminar las rutas que no sean óptimas. La red final puede tener hasta 254 nodos. Utilizando el direccionamiento local, se puede configurar una red de más de 65000 nodos.



**Figura 1-4.-** Topología MESH  
(Fuente propia)

## 1.2.4 TIPOS DE TRÁFICO SOPORTADO

### 1.2.4.1 Tráfico Periódico.

Necesario para aplicaciones donde se envían y/o reciben datos transcurrido un lapso constante de tiempo. Este tipo de tráfico es común en el caso de sistemas de sensores en los cuales se necesita medir de forma constante la variable a controlar.

### 1.2.4.2 Tráfico Intermitente.

Diseñado para aplicaciones que envían y reciben datos cuando son estimulados por una señal externa, por ejemplo: un interruptor o conmutador en sistemas de seguridad, en el cual, al activarse un sensor se iniciará la comunicación.

### **1.2.4.3 Tráfico Repetitivo Con Baja Latencia.**

Útil para aplicaciones que requieren el reparto de ranuras o 'slots' de tiempo para controlar el acceso al medio, como por ejemplo para datos enviados por un ratón, teclado y otros dispositivos de un ordenador.

## **1.2.5 ARQUITECTURA**

La arquitectura Zigbee está basada en el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection), definiendo solamente aquellas capas relevantes para lograr la funcionalidad deseada y garantizar la compatibilidad entre los dispositivos.

El estándar IEEE 802.15.4 define las dos capas base: la física (PHY) y la de control de acceso al medio (MAC). La Zigbee Alliance diseñó sobre ellas, la capa Red (NWK) y la capa Aplicación (APL).

La capa Aplicación (APL) está formada por la subcapa de soporte de aplicación (APS), el entorno de aplicación (AF), los objetos para dispositivos Zigbee (ZDO) y los objetos de aplicación definidos por el desarrollador.

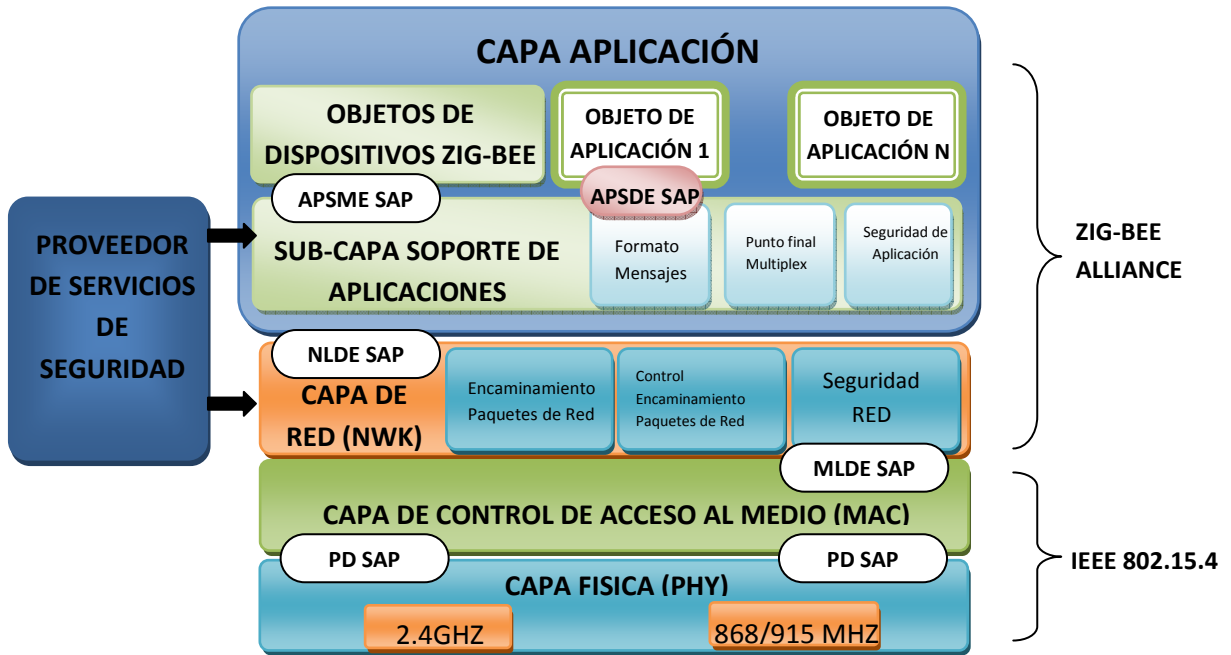


Figura 1-5.- Arquitectura en capas Zigbee. <sup>5</sup>

### 1.2.5.1 Capa Física

La capa física es la encargada de proporcionar un medio por el cual transmitir y recibir datos. La arquitectura 802.15.4 ofrece la posibilidad de trabajar en tres bandas de frecuencia distintas,

La primera cubre la banda europea de 868 MHz que proporciona un único canal de comunicaciones entre las frecuencias 868 y 868.6 MHz consiguiendo una velocidad de transmisión de 20 Kbps.

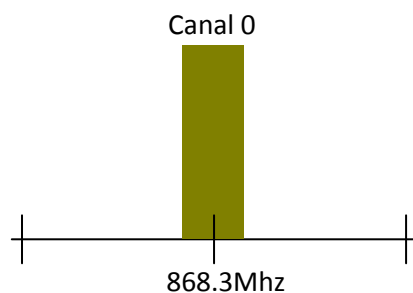


Figura 1-6.- Canal de transmisión de la banda de 868.3 Mhz para 802.15.4

(Fuente propia)

<sup>5</sup> <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

La segunda cubre la banda Americana de 915 MHz, en el que se reparte uniformemente 10 canales de comunicación entre las frecuencias 902 MHz y 928 MHz con una separación entre canales de 2 MHz y obteniendo velocidades de transmisión de 40 Kbps.

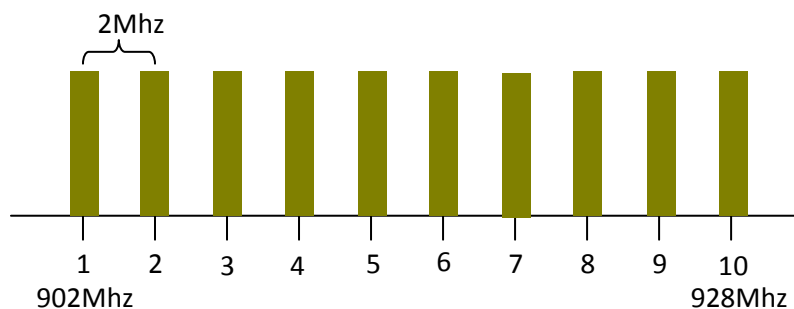


Figura 1-7.- Canales de transmisión de la banda de 915 Mhz para 802.15.4.<sup>6</sup>

La tercera trabaja en la banda 2.4 GHz, cuyo uso está permitido en prácticamente todo el mundo. Proporciona 16 canales entre las frecuencias 2.405 GHz y 2.48 GHz, con una separación entre canales de 5 MHz y un ancho de banda de 2 Mbps, alcanzando velocidades de transmisión de hasta 250 Kbps.

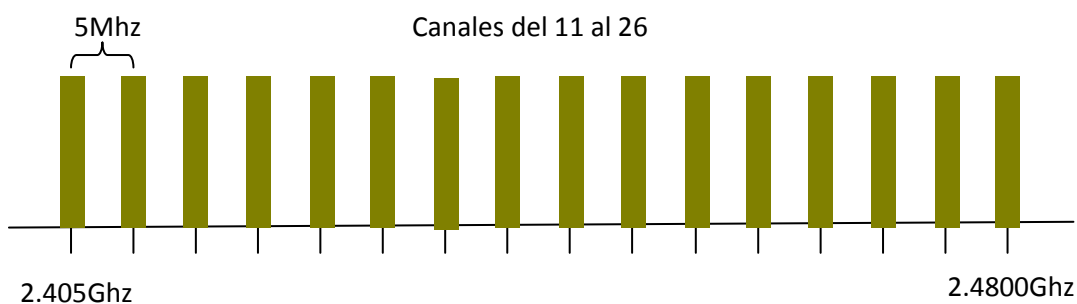


Figura 1-8.- Canales de transmisión de la banda de 2,4 Ghz para 802.15.4.<sup>7</sup>

La capa física tiene como principales funciones : la detección de energía del receptor (ED), indicador de calidad del enlace (LQI)

<sup>6</sup> Fuente : <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

<sup>7</sup> Fuente: <http://delta.cs.cinvestav.mx/~francisco/ssi/quintanar.pdf>

y la evaluación del estado del canal (CSMA/CA), activación y desactivación del transceiver, y la transmisión y recepción de datos.<sup>8</sup>

### 1.2.5.2 Capa de Control de Acceso al Medio

La capa de control de acceso al medio se encarga de la transmisión de tramas, sincronización y provisión de un mecanismo de transmisión confiable.

Define además estructuras de trama sencillas con el fin de reducir el consumo de energía de los terminales Zigbee.

Desempeña las funciones de asociación y desvinculamientos de dispositivos en la red. Implementando procesos para la reasociación de terminales a una red, a la cual previamente ya se asoció y no la abandonó aún. Esta característica es útil para reasociar un dispositivo que fue reiniciado, conservando la dirección de red ya asignada.<sup>9</sup>

Diferencia a cada nodo de la red con un identificador único compuesto por 64 bits, que puede ser utilizado para el proceso de asociación o unión a la red. Además, se tiene una dirección de 16 bits, la cual es asignada por el coordinador o por administrador para comunicarse con otros dispositivos de la red.

Permite garantizar el uso de slots de tiempo para acceso al canal (GTS). El GTS es un método de calidad de servicio que asigna a cada dispositivo una duración específica de tiempo

---

<sup>8</sup> [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe\\_Zigbee.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_Zigbee.pdf)

<sup>9</sup> <http://www.seccperu.org/files/Zigbee.pdf>

---

definida por el coordinador de la red dentro de la supertrama para realizar la tarea que requiera sin contención o latencia

Permite también dos mecanismos para acceso al canal:

- Red Beacon-enable (con radiobalizas). Utiliza supertramas para aplicaciones que requieren anchos de banda dedicados y baja latencia, el acceso al canal en cada segmento de tiempo se lo realiza con la técnica CSMA/CA libre de contención mediante la utilización de balizas por parte de los dispositivos FFD con las que marcan los tiempos en los que es posible la recepción y transmisión de información.

Con este modo de funcionamiento se consigue un importante ahorro energético debido que mientras están fuera de sus tiempos de transmisión, todos los dispositivos (incluido el coordinador) pueden estar en modo “dormido”, modo en el que se minimiza el consumo.

- Red No-Beacon (sin radiobalizas). En este modo no existe sincronización entre dispositivos, por lo que los únicos nodos que pueden pasar al estado “dormido” son los dispositivos finales. Éstos se despertarán de forma periódica para preguntar si existen datos destinados a ellos o bien para mandar información.

Se basa en el método ALOHA<sup>10</sup> CSMA/CA, para lo cual utiliza el acuse de recibo positivo para informar la recepción de paquetes (ACK).

---

<sup>10</sup> Protocolo del nivel de enlace de datos para redes de área local con topología de difusión.

La capa MAC define 3 niveles de seguridad: No seguro, mediante listas de control de acceso, y modo seguro (encriptamiento) utilizando el estándar para encriptación simétrica AES 128.

### **1.2.5.3 Capa Red**

La capa de red (NWK) tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación.

En esta capa se realiza el descubrimiento y mantenimiento de rutas entre los dispositivos de la red. Es decir descubrimiento de vecinos y memorización de dicha información. En esta capa, el coordinador es responsable de iniciar una nueva red, cuando es necesario, y asignar direcciones a los nuevos dispositivos.

Se debe tener en cuenta que el algoritmo de enrutamiento que se usa es el de enrutamiento de malla, el cual se basa en el protocolo Ad Hoc On-Demand Vector Routing – AODV.

Cuando esta capa se encuentra cumpliendo la función de unir o separar dispositivos a través del controlador de red, implementa seguridad y encamina tramas a sus respectivos destinos. Es aquí donde se implementan las distintas topologías de red que Zigbee soporta (árbol, estrella y mesh network). Si el coordinador deja la red, otro FFD puede tomar su papel.

### **1.2.5.4 Capa Aplicación**

Esta capa consiste de la subcapa de soporte de aplicación (APS) y el entorno de aplicación (AF);



---

Subcapa de soporte de aplicaciones.- es el responsable de mantener el rol que el nodo juega en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. En si brinda un conjunto general de servicios para el uso de las subcapas en las que el entorno de aplicación se divide (AF).

Subcapa entorno de aplicación (AF).- Se divide nuevamente en objetos para dispositivos Zigbee (ZDO) y los objetos definidos por el diseñador.

Las responsabilidades del ZDO son definir el rol de un dispositivo en la red (como coordinador o dispositivo final), iniciar y responder a un “*binding request*” (requerimiento de relación) y establecer vínculos seguros entre los elementos de la red. El ZDO es también responsable de descubrir dispositivos en la red y determinar que servicios proveen.

Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interfaz de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores.

Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos; **módulo de seguridad**, que provee los servicios para cifrar y autenticar los paquetes, y el **módulo de administración** del dispositivo Zigbee, quien se encarga de administrar los recursos de red del dispositivo local, además de proporcionar a la aplicación funciones de administración remota de red.

## 1.2.6 EMPAQUETAMIENTO Y DIRECCIONAMIENTO

Un mensaje Zigbee consiste de máximo 127 bytes (133 bytes incluyendo la cabecera PHY) y se forma de la siguiente manera a través de las diferentes capas.

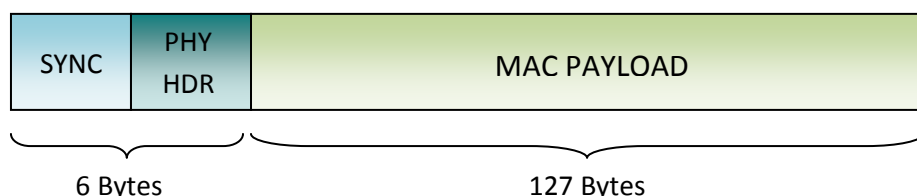


Figura 1-9.- Mensaje Zigbee con cabecera de capa física.<sup>11</sup>

### 1.2.6.1 PDU PHY

Consiste de cinco bytes para sincronismo y un byte para indicar la longitud del payload del nivel superior.

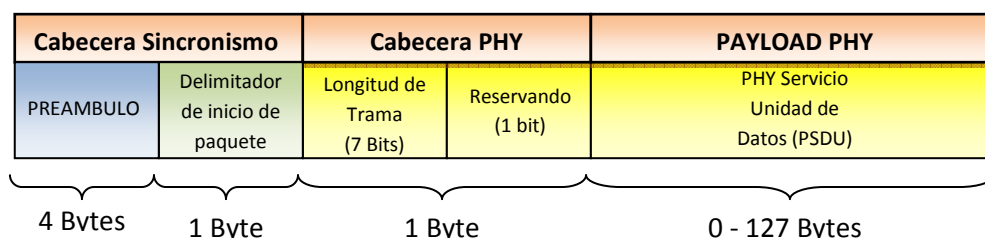


Figura 1-10.- Estructura del mensaje PDU PHY<sup>12</sup>

### 1.2.6.2 Trama MAC

Se utiliza para el control remoto y la configuración de dispositivos/nodos. Una red centralizada utiliza este tipo de paquetes para configurar la red a distancia. Se diferencian cinco tipos: Datos, ACK, Comandos, Balizas y la Supertrama.

<sup>11</sup>Fuente : <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

<sup>12</sup> Fuente : <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

a) *Trama de DATOS.*

El paquete de datos tiene una carga de datos de hasta 104 bytes. La trama está numerada para asegurar que todos los paquetes lleguen a su destino. Un campo nos asegura que el paquete se ha recibido sin errores. Esta estructura aumenta la fiabilidad en condiciones complicadas de transmisión.

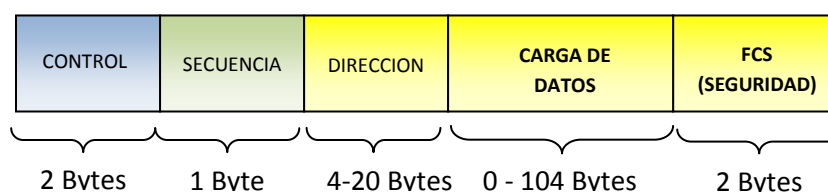


Figura 1-11.- Estructura de la trama de MAC de datos.<sup>13</sup>

b) *Trama de ACK*

Llamada también paquete de reconocimiento, aquí se realiza una realimentación desde el receptor al emisor, de esta manera se confirma que el paquete se ha recibido sin errores. Se puede incluir un tiempo de silencio entre tramas, para enviar un pequeño paquete después de la transmisión de cada paquete.

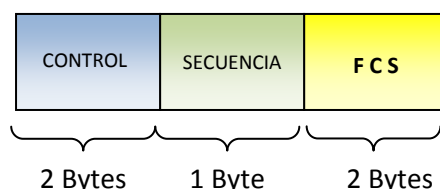


Figura 1-12.- Estructura Trama MAC de ACK.<sup>14</sup>

c) *Trama de COMANDOS*

Provee un mecanismo para el control y configuración remota de los nodos. Permite un control centralizado de la red para

<sup>13</sup> <http://delta.cs.cinvestav.mx/~francisco/ssi/quintanar.pdf>

<sup>14</sup> Fuente: <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

configurar individualmente a los clientes sin importar que tan grande sea la red.

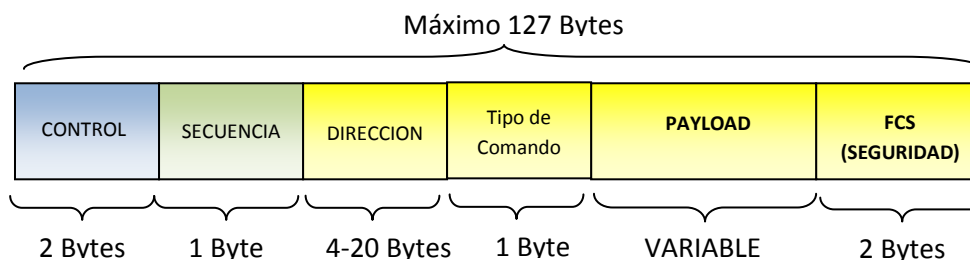


Figura 1-13.- Estructura Trama Mac de Comandos.<sup>15</sup>

#### d) Trama de BEACON o BALIZAS

El paquete baliza se encarga de “despertar” los dispositivos que “escuchan” luego de la baliza la dirección y luego vuelven a “dormirse” si no reciben nada más. Estos paquetes son importantes para mantener todos los dispositivos y los nodos sincronizados, sin tener que gastar una gran cantidad de batería estando todo el tiempo encendidos en escucha del canal.

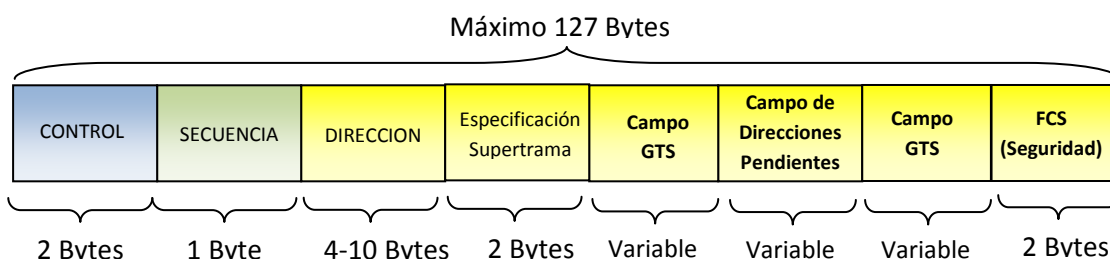


Figura 1-14.- Estructura Trama Baliza.<sup>16</sup>

#### e) Supertrama

Se usa una estructura de supertrama para controlar el acceso al canal, esta supertrama es estudiada por el coordinador de red para transmitir “tramas

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

<sup>16</sup> Fuente: <http://www.cse.yorku.ca/~dusan/Zigbee-Standard-Talk.pdf>

baliza” cada ciertos intervalos (múltiples cada de 15.38 ms hasta cada 52 s)<sup>17</sup>. Esta estructura garantiza el ancho de banda dedicado y bajo consumo.

Permite el uso de slots de tiempo para tráfico repetitivo. Está dividida en una parte inactiva y otra activa; en la primera todas las estaciones están en estado de reposo, en la segunda el tiempo está dividido en 16 slots que pueden asignarse en dos grupos: uno para período libre de contención (CFP) y otro para acceso con contención (CAP).

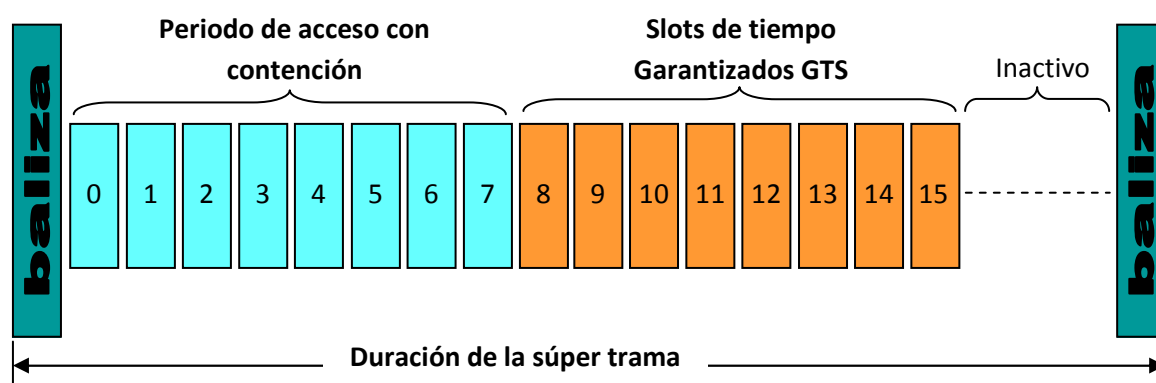


Figura 1-15.- Estructura de Supertrama.<sup>18</sup>

La baliza es transmitida en el primer time slot, y es usado para sincronizar los dispositivos vinculados en la estructura de supertrama quienes identificarán el Id PAN.

El coordinador PAN utiliza los slots de tiempos garantizados (GTS) para dispositivos que requieran comunicarse con mínima latencia

### 1.2.6.3 PDU NWK.

Está compuesto principalmente por una cabecera y un payload. Los campos de la cabecera aparecen en un orden fijo, pudiendo los de dirección y

<sup>17</sup> <http://www.seccperu.org/files/Zigbee.pdf>

<sup>18</sup> Fuente : <http://seccperu.org/files/ZigBee.pdf>

secuencia no ser incluidos en todos los paquetes. Las PDUs pueden ser de datos o de comando.

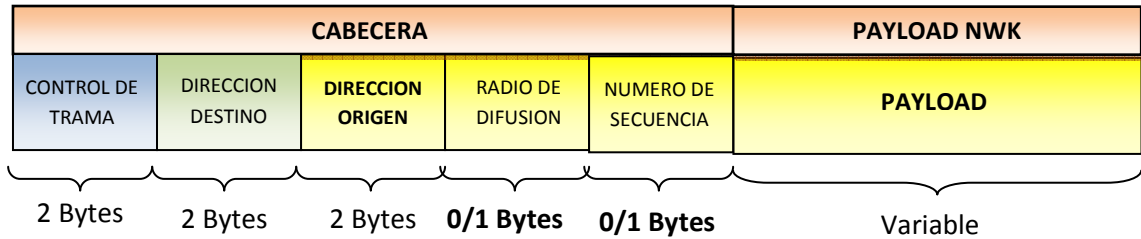


Figura 1-16.- Estructura mensaje PDU capa de Red.<sup>19</sup>

#### 1.2.6.4 PDU APS.

Está compuesto por una cabecera y un payload. Los campos de la cabecera aparecen en un orden fijo, pudiendo el de dirección no ser incluido en todas las tramas. Las PDUs pueden ser datos, comando y ACK. El campo de dirección incluye identificadores para los endpoints (objetos), el clúster, y el perfil; al recibir un mensaje, la aplicación procesa esta información y determina a que endpoint notificar.

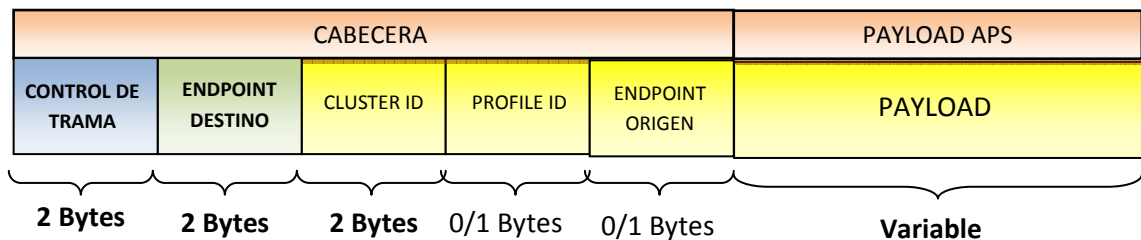


Figura 1-17.- Estructura mensaje PDU de Sub-capa Soporte de Aplicación.<sup>20</sup>

#### 1.2.6.5 Mensajes AF (Entorno de aplicación)

A nivel AF se definen dos tipos de mensajes, el KVP (Key Value Pair) y el MSG (Message). Ambos tipos están asociados con un clúster ID, pero el KVP está diseñado para transferir información asociado a un atributo utilizando una

<sup>19</sup> Fuente : <http://www.zigbee.org>

<sup>20</sup> Fuente: <http://seccperu.org/files/ZigBee.pdf>

estructura estricta, mientras el tipo MSG transfiere información mediante una estructura de formato libre.<sup>21</sup>

Mensaje KVP:

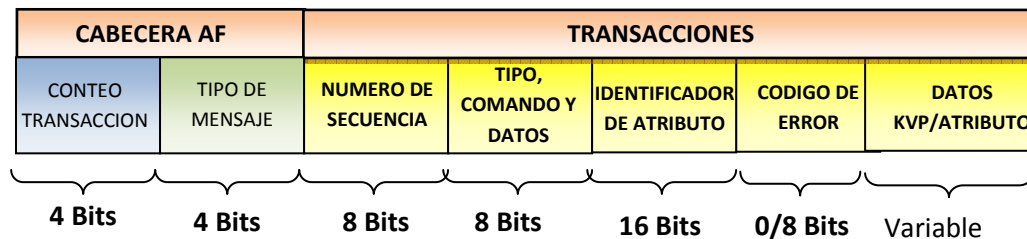


Figura 1-18.- Estructura mensaje KVP de la capa Entorno de aplicación.<sup>22</sup>

Mensaje MSG:

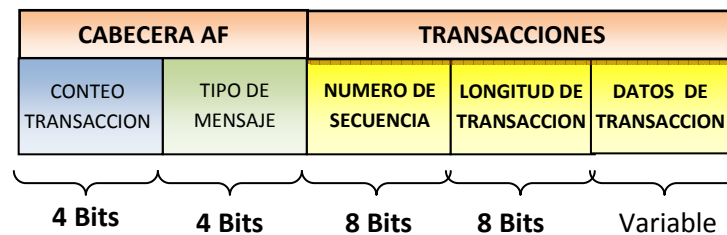


Figura 1-19.- Estructura Mensaje MSG de la Capa entorno de Aplicación.<sup>23</sup>

## 1.2.7 FORMACIÓN DE LA RED

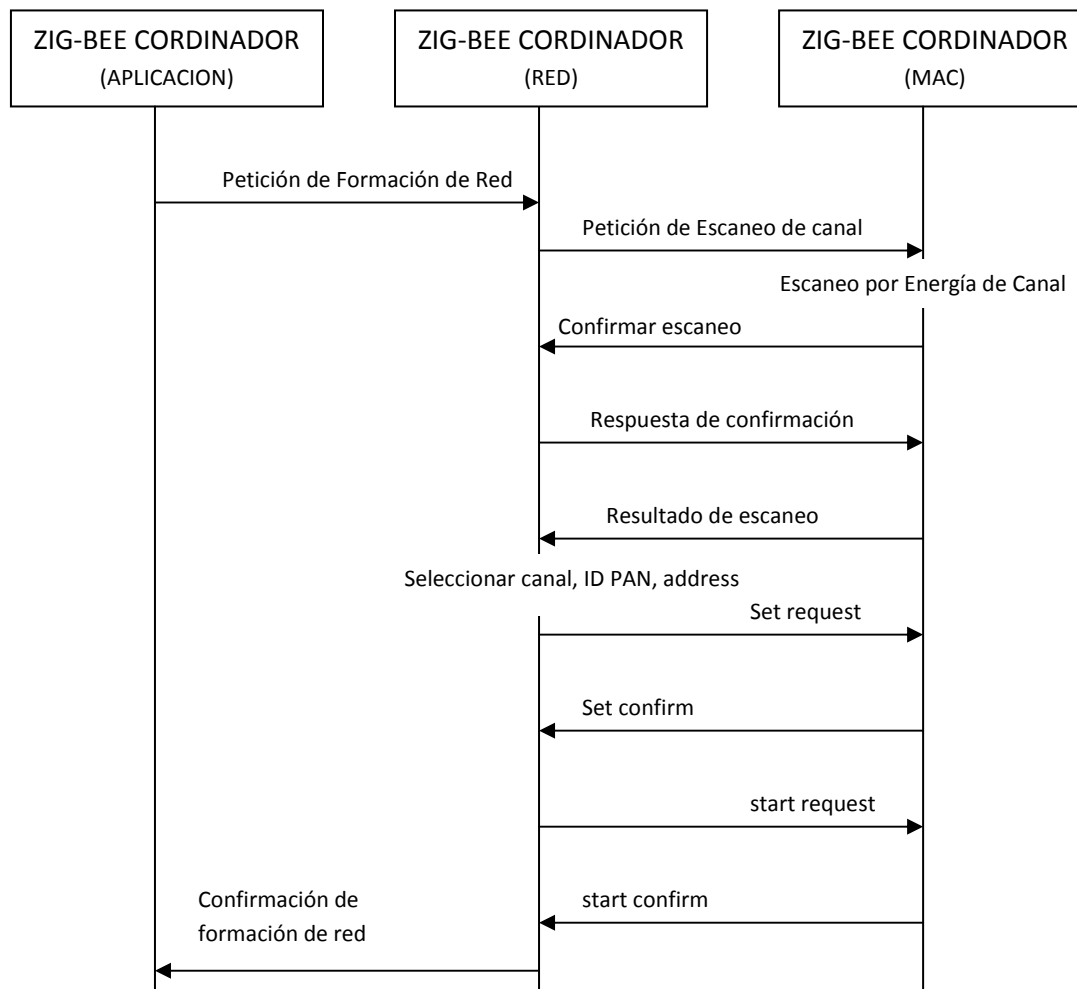
Una nueva red Zigbee es establecida por un coordinador. Al inicializarse, el coordinador busca otros coordinadores en sus canales permitidos. Basado en la energía del canal y el número de redes encontradas en sus canales, establece su

<sup>21</sup> [http://www.specifications.nl/Zigbee/Zigbee\\_UK.php](http://www.specifications.nl/Zigbee/Zigbee_UK.php)

<sup>22</sup> Fuente: [www.zigbee.org/zigbee/en/spec\\_download/spec\\_](http://www.zigbee.org/zigbee/en/spec_download/spec_)

<sup>23</sup> Fuente: [www.zigbee.org/zigbee/en/spec\\_download/spec\\_](http://www.zigbee.org/zigbee/en/spec_download/spec_)

propia red y selecciona un identificador PAN único de 16 bits.<sup>24</sup> Al finalizar esta secuencia, el nuevo ID es comunicado a la subcapa inferior (MAC).



**Figura 1-20.-** Formación de una nueva red.<sup>25</sup>

Una vez que la nueva red ha sido establecida, los ruteadores y terminales son habilitados a unirse a la red. En caso de conflictos por PAN ID repetidos en diferentes coordinadores, se efectúa un procedimiento de resolución que cambiará en uno de los coordinadores su identificador.

<sup>24</sup> <http://www.seccperu.org/files/Zigbee.pdf>

<sup>25</sup> [http://coe.uncc.edu/~jmconrad/ECGR6185-2007-01/notes/IEEE\\_ZigBee.pdf](http://coe.uncc.edu/~jmconrad/ECGR6185-2007-01/notes/IEEE_ZigBee.pdf)



Los distintos dispositivos guardan información acerca de otros nodos de la red, en un área no volátil de memoria llamada tabla de vecindades. Al inicializarse, si un dispositivo determina a través de la tabla que fue parte de una red, puede ejecutar un procedimiento de notificación para localizarla. Los dispositivos (coordinadores o ruteadores) que reciban la notificación, verificarán sus tablas para cerciorarse de que el nuevo dispositivo pertenecía a su red. Si la notificación falla o el dispositivo no se encuentra en las tablas de vecindad del resto, tratará de unirse a una de las redes como un nuevo dispositivo. Una vez en la red, un dispositivo puede desasociarse ya sea por pedido del coordinador o router o por sí mismo.

### **1.2.8 MODELO DE TRANSFERENCIA DE TRAMAS**

Existen tres modelos de transferencia de datos.

- Transferencia de datos desde un dispositivo a un coordinador.
- Transferencia de datos desde un coordinador,
- Transferencia de datos entre 2 dispositivos iguales (peer to peer).

En la topología estrella solo dos de esas transacciones son usadas, porque los datos solo pueden ser intercambiados entre el coordinador y un dispositivo. En la topología igual a igual los datos pueden ser intercambiados entre dos dispositivos de la red, en consecuencia las tres transacciones pueden ser usadas en esta topología.

El mecanismo de cada tipo de transmisión depende si la red soporta la transmisión de beacons. Una red con habilitación de beacons es usada para soportar dispositivos con bajo retardo, tales como periféricos de PC. Si la red no necesita soportar a tales dispositivos, se puede elegir una transmisión normal y no usar beacons. Sin embargo el beacon es requerido para la asociación de la red.

### **1.2.8.1 Transferencia de datos hacia el coordinador**

Cuando un dispositivo desea transferir datos a un coordinador en una red que tiene habilitado la transmisión de beacons, este primero espera el beacon de red. Cuando el beacon es encontrado, el dispositivo se sincroniza con la estructura de la supertrama. En el momento adecuado, el dispositivo transmite la trama de datos usando CSMA/CA ranurado, al coordinador. El coordinador notifica la recepción exitosa de los datos, transmitiendo una trama de confirmación. De esta manera se completa la transmisión.

Cuando un dispositivo quiere transferir datos en una red sin habilitación de beacon, simplemente transmite su trama de datos usando CSMA/CA no ranurado al coordinador. El coordinador notifica la recepción exitosa de los datos, transmitiendo una trama de confirmación, de esta manera se completa la transmisión.

### **1.2.8.2 Transferencia de datos desde el coordinador**

Cuando el coordinador desea transferir datos a un dispositivo en una red con habilitación de beacons, este indica en el beacon de red que el mensaje de datos esta pendiente. El dispositivo periódicamente espera el beacon de red y si un mensaje está pendiente, transmite un comando MAC pidiendo datos, usando CSMA/CA ranurado.

El coordinador confirma la recepción exitosa del pedido de datos transmitiendo una trama opcional de confirmación. La trama pendiente de datos es enviada luego usando CSMA/CA ranurado. El dispositivo confirma la recepción exitosa de los datos, transmitiendo una trama de confirmación. La transacción se completa. Una vez que la confirmación es recibida, el mensaje es removido de la lista de mensajes pendientes en el beacon.

Cuando un coordinador desea transferir datos a un dispositivo en una red sin beacons, este guarda los datos para el dispositivo apropiado para hacer contacto y pedir información. Un dispositivo puede hacer contacto transmitiendo un comando MAC pidiendo datos, usando CSMA/CA no ranurado. El coordinador confirma la recepción exitosa del requerimiento de datos transmitiendo una trama de confirmación. Si hay datos pendientes, el coordinador transmite la trama de datos, usando CSMA/CA no ranurado, al dispositivo. Si no hay datos pendientes, el coordinador transmite una trama de datos de longitud cero, para indicar que no hay datos pendientes. El dispositivo confirma la recepción exitosa de los datos transmitiendo una trama de confirmación. La transacción se completa.

### **1.2.8.3 Transferencia de datos de igual a igual**

En una PAN igual a igual, cada dispositivo puede comunicarse con todos los otros dispositivos en su campo de influencia. Para hacer esto efectivo, el dispositivo que desea comunicarse debe estar sincronizado constantemente con los otros dispositivos. En este caso el dispositivo puede simplemente transmitir sus datos usando CSMA/CA no ranurado. En otros casos se deben tomar otras medidas para lograr la sincronización.

## **1.3 ZIG BEE FRENTE A OTRAS TEGNOLOGIAS WPAN**

### **1.3.1 ZIGBEE VS BLUETOOTH**

Tanto Zigbee como Bluetooth son tecnologías de área personal originadas del grupo de trabajo IEEE 802.15. Ambas utilizan la banda de frecuencia 2.4 GHz (no licenciada) buscando utilizar un mínimo de potencia y un tamaño reducido en los dispositivos. A pesar de su parecido, son dos tecnologías con diferentes aspectos de aplicación y medios de diseño para las aplicaciones.

Mientras que Zigbee se centra al control y la automatización, Bluetooth se centra a la conexión entre ordenadores portátiles, PDAs, y similares, así como la sustitución de cable.

Zigbee utiliza bajo volumen de datos y bajo consumo de energía, debido a que se orienta a dispositivos que no necesitan transmitir continuamente. Bluetooth utiliza un mayor volumen de datos y un mayor consumo de energía debido a que se utiliza para una transmisión continua de datos. Las redes Zigbee pueden soportar un mayor número de dispositivos y un mayor alcance entre dispositivos a diferencia de Bluetooth.<sup>26</sup>

Bluetooth no considera un consumo de energía pues se basa en la recarga de baterías, mientras que el objetivo de Zigbee es reducir el consumo de energía de las baterías y alargar su duración. Zigbee está diseñado para responder con rapidez, mientras que el Bluetooth lleva mucho más tiempo y podría ir en pérdida de la aplicación.

### 1.3.2 ZIG-BEE VS WIBREE

Wibree es una tecnología que ha estado en desarrollo por Nokia desde el año 2001. Trabaja en la banda de 2.4Ghz y fue diseñado para que trabaje con dispositivos de bluetooth, pero que consuma menos energía, y es así que Wibree consume hasta 10 veces menos que bluetooth.

Wibree, mantiene las especificaciones de operación que Bluetooth, por lo cual se la considera como una extensión de la misma, sin embargo tiene características similares a Zigbee como es el despertarse cuando llegue un paquete en menos tiempo que Bluetooth (< 3seg).<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> <http://homepage.uab.edu/cdiamond/Zigbee%20vs%20Bluetooth.htm>

<sup>27</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Wibree>

## 1.4 APLICACIONES.

Las soluciones sobre el estándar *Zigbee* en conexión de redes, se centran en aplicaciones específicas de sondeo y monitoreo, donde tenemos a continuación grupos claramente establecidos:

- **Automatización de edificios y hogares.-** Seguridad, alarmas, control del aire acondicionado, lectura de contadores de agua, gas, electricidad, control de iluminación; control de accesos, control de riego.
- **Atención sanitaria.-** Monitoreo de signos vitales en pacientes y equipos para la salud (fitness).
- **Control industrial.-** Control de procesos, sensores, instrumentación remota.
- **Electrónica de consumo.-** Control remoto para TV, VCR, DVD/CD PC y periféricos.- dispositivos para la interfaz humana, como teclados, ratones y joysticks.
- **Control comercial y de iluminación.-** Seguridad, control de luz, control de acceso.

## **CAPITULO II**

# **DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA**

El presente capítulo describe el diseño del módulo que forma parte del Sistema de Alarma Comunitaria, al que lo trataremos en este documento como SCA-XBEE, señalando el proceso de selección de hardware y la construcción del software, como también los diagramas de conexión de cada dispositivo y los diagramas de flujo del programa fuente.

## **2.1 DISEÑO DE HARDWARE**

El dispositivo desempeña las siguientes funciones:

- Monitorea el estado de los sensores de seguridad.
- Transmisión y recepción de datos formando una red inalámbrica bajo el Standard Zig-bee.
- Proporciona el interfaz necesario para la programación de datos de usuario.
- Suministra la energía requerida para el funcionamiento de los distintos sensores conectados a él.

### **2.1.1 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA**

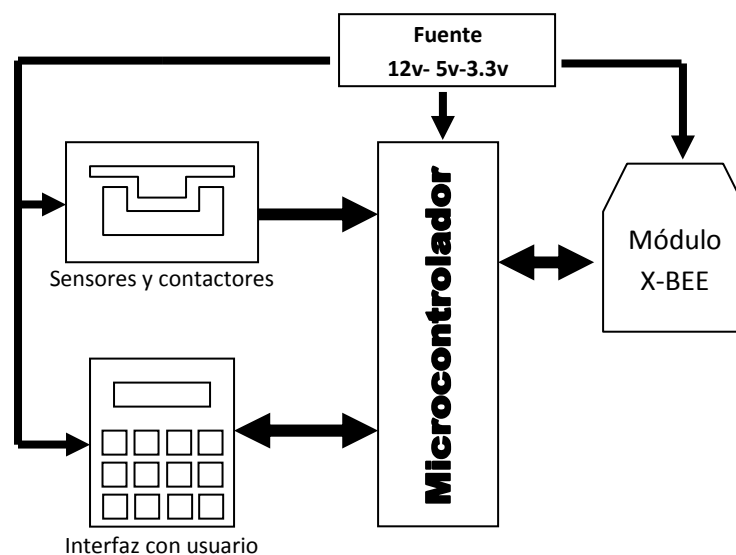
El sistema está compuesto por varios SCA-XBEE de igual jerarquía, los cuales están constantemente monitoreando el estado en el que se encuentran los sensores de seguridad. En el caso de que se presente la activación de un sensor, se emite mensajes de alerta de manera inalámbrica los cuales son escuchados por otros dispositivos que estén en su rango de cobertura y, estos a su vez retransmiten este mensaje, originándose una alerta comunitaria. (Ver Figura 2-1)



**Figura 2-1-** Esquema general del Sistema de Alarma Comunitaria.  
(Fuente Propia)

## 2.1.2 COMPONENTES DEL SCA - XBEE

Cada SCA-XBEE se trata de un nodo Zigbee, compuesto por un sistema micro procesado que brinda una interfaz para los usuarios.



**Figura 2-2.-** Diagrama de Bloques del SCA-XBEE.  
(Fuente Propia)



### 2.1.2.1 Micro controlador

El objetivo del microcontrolador es el control de todo el sistema, su elección se basa en sus características de memoria, número de puertos y librerías disponibles para su programación.

El primer criterio de selección del micro-controlador fue el número de puertos disponibles, debe brindar soporte al bloque de interfaz con el usuario, al bloque de comunicación con el módulo X-bee, y soporte a los diferentes sensores y contactores de seguridad.

Para lo cual se desarrollo una tabla con el mínimo de pines y puertos requeridos:

Periférico	Líneas requeridas (pines)	Puertos requeridos
Lcd de 16 x2	6 (RS, E, D1, D2, D3, D4)	1 (8bits)
X-bee (comunicación serial)	2 (Tx, Rx)	
Teclado Matricial	8 (4 líneas, 4 filas)	1(8bits)
Sensores y Contactores	8 (digitales)	1(8bits)
Chicharra	1	1(3bits)
Sirena	1	
<b>TOTAL</b>		<b>4 puertos (27 líneas)</b>

Tabla 2-1.- Descripción de pines requeridos por microcontrolador

El siguiente criterio tomado en cuenta fue la capacidad de memoria RAM, memoria FLASH y memoria EEPROM que se necesitaría tanto para el alojamiento de instrucciones como para el alojamiento de datos en el micro controlador.

Debido a que la programación se lo desarrollará en un lenguaje de alto nivel, se tomo en cuenta que se añadirán librerías de control para teclado, LCD, UART<sup>28</sup> y otros, para lo cual se necesitará alrededor de 4K de memoria RAM. De igual forma se tiene en cuenta que se debe almacenar el nombre de la familia, la

<sup>28</sup> Universal Receptor y transmisor Asíncrono.- Estándar universal de transmisión serial

dirección, un código de ingreso, y un identificador, para lo cual se requeriría alrededor de 100 palabras (bytes) en memoria EEPROM.

En base a los requerimientos mínimos tomados en cuenta, por la popularidad y bajo costo se opta por un micro controlador de fabricación MICROCHIP de la familia 16, el modelo 16F887 que es un consecuente al modelo PIC 16F877, en su presentación o encapsulado de 40 pines tipo PDIP.

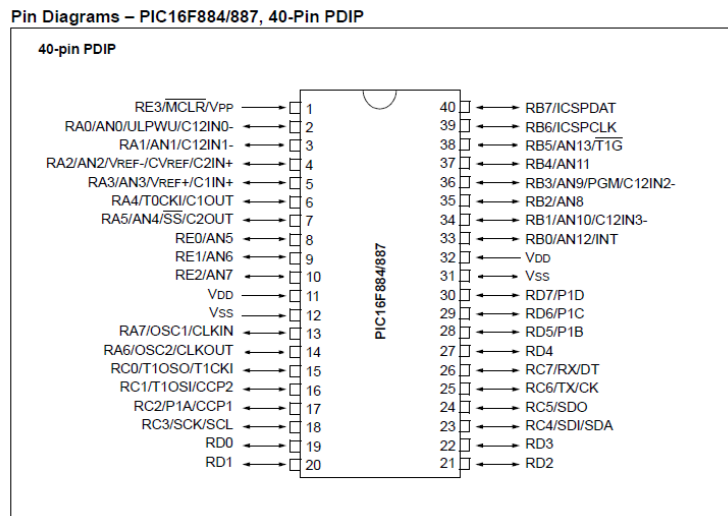


Figura 2-3.- Distribución de pines del PIC 16F887.<sup>29</sup>

Este micro controlador posee las siguientes características:

Dispositivo	Memoria de programa		Memoria de datos		I/O	10-bit ADC(ch)	ECCP/CCP	EUSART	MSSP	Comparadores	Timers 8/16 bits
	FLASH (palabras)	RAM (bytes)	EEPROM (bytes)								
PIC 16F887	8192	368	256	35	14	1/1	1	1	2	2/1	

Tabla 2-2.- Características generales del PIC 16F887<sup>30</sup>

<sup>29</sup> Fuente : Hoja de Datos de microcontrolador 16F887, elaborado por MICROCHIP

<sup>30</sup> Hoja de Datos de microcontrolador 16F887, elaborado por MICROCHIP

### 2.1.2.2 Módulo XBEE

El dispositivo Zig-bee con el que se trabaja, se lo ha seleccionado en base a la facilidad de adquisición, manejo, e información del mismo. En base a estos tres puntos se ha elegido trabajar con módulos Xbee versión 1 fabricados por MAXSTREAM.

Los módulos Xbee trabajan en la banda de 2.4 Ghz con protocolo de comunicación 802.15.4; pueden ser ajustados para usarse en redes de configuración punto a punto, punto-a-multipunto o peer-to-peer<sup>31</sup>. Son utilizados en automatización de casas, sistemas de seguridad, monitoreo de sistemas remotos, aparatos domésticos, etc.

Los modelos Pro tienen el mismo patinaje y comandos AT que la serie básica pero ofrecen una salida con más potencia, como en éste caso de 60mW.

Trabajan con la pila 802.15.4 (la base de ZigBee) y funcionan mediante un simple protocolo serial. Permiten una comunicación bidireccional entre microcontroladores, ordenadores o prácticamente cualquier cosa que disponga de un puerto serie.

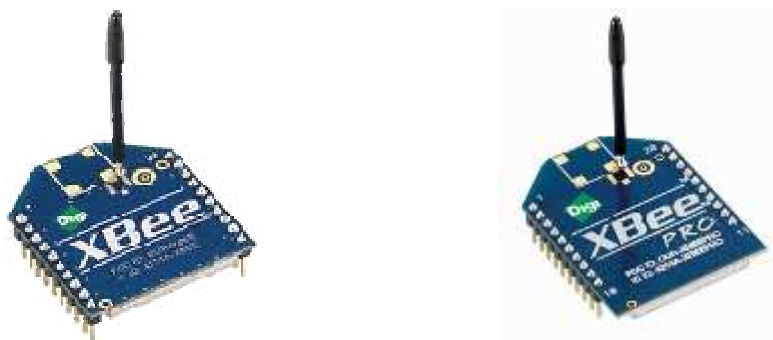


Figura 2-4.- Módulos Xbee (izquierda) y Xbee pro (derecha).<sup>32</sup>

<sup>31</sup>Manual Xbee,

<sup>32</sup> <http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSMgctT2laqyMRRHqU6LT-USOCs73aUzLdnoy8HQIrlm-HckD0B>

El modelo de la radiación para la antena es similar al de una antena dipolo. Es decir, su forma es como una dona. Así, un módulo que usa una antena dipolo, es relativamente insensible a su orientación que es perpendicular a la antena.

Por otro lado, el modelo de la radiación del chip antena no es tan uniforme como el de la antena dipolo. Por consiguiente, ciertas orientaciones lograrán mejor radiación que otros.

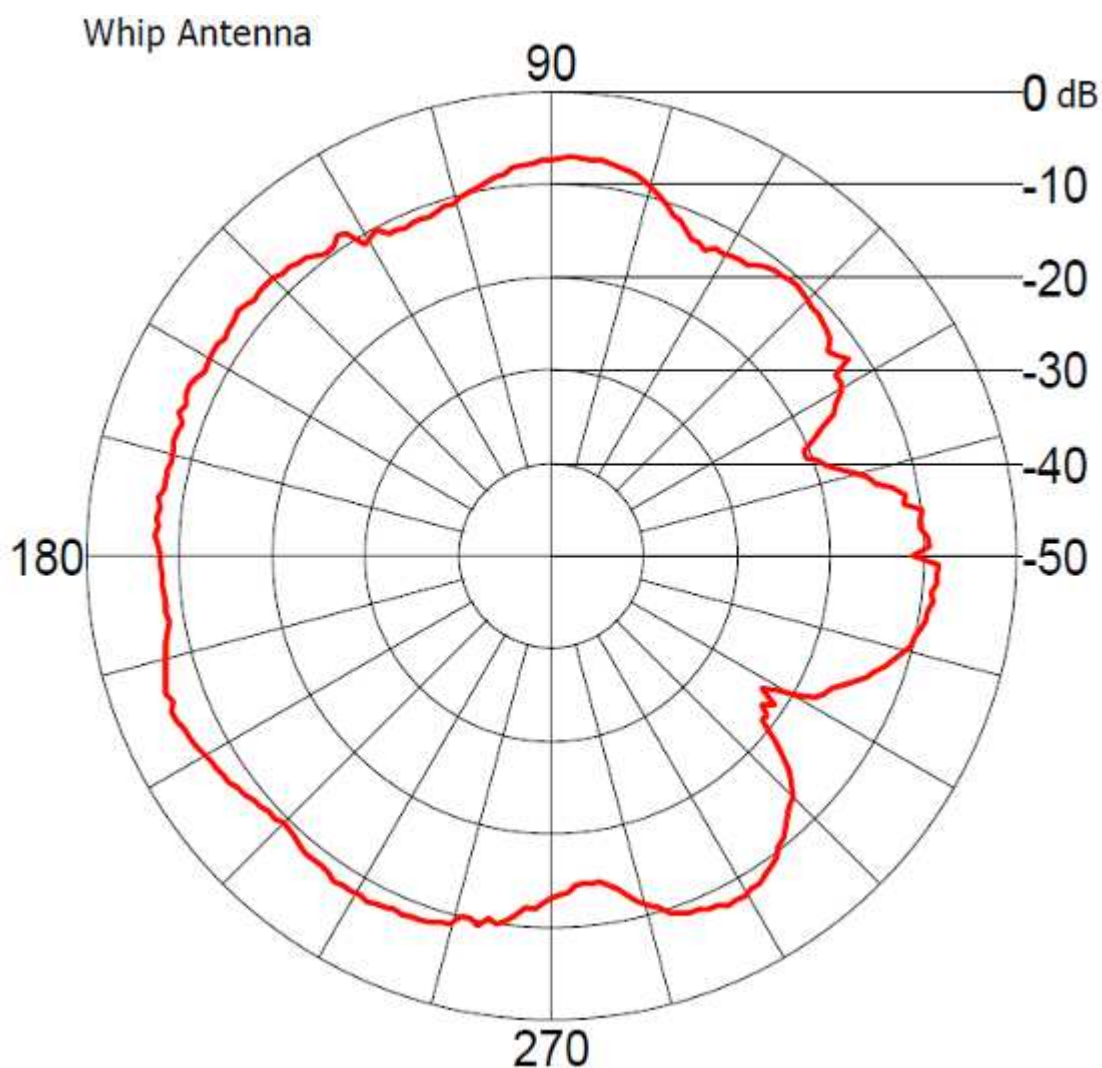


Figura 2-5.- Patrón de radiación del XBEE-PRO con antena whip.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> XBee & XBee-PRO OEM RF Module Antenna Considerations, elaborado por MaxStream

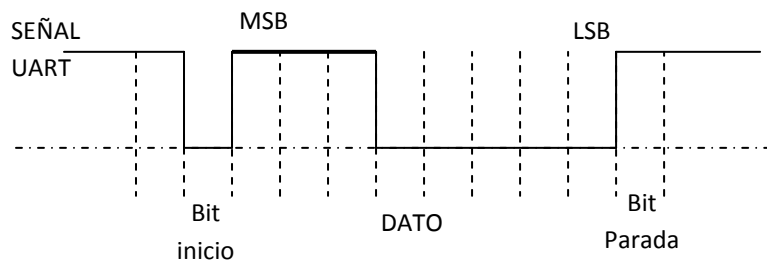
**Características generales:**

Especificación	XBEE	XBEE-PRO
<b>Alcance interiores</b>	30 m	100m
<b>Alcance exteriores</b>	100 m	1500m
<b>Potencia de salida de transmisión</b>	100mW(0dBm)	60mW(18dBm), 100mW(20dBm)
<b>Velocidad de transmisión</b>	250000 bps	250000 bps
<b>Interfase serial</b>	1200 – 115200 bps	1200 – 115200 bps
<b>Sensibilidad de recepción</b>	-92 dBm	-100 dbm
<b>Frecuencia de Operación</b>	ISM 2.4Ghz	ISM 2.4Ghz
<b>Topologías de red soportadas</b>	Punto a punto Punto multipunto Pear to Pear	Punto a punto Punto multipunto Pear to Pear
<b>Número de canales</b>	16 Canales de secuencia directa	12 Canales de secuencia directa
<b>Opciones de direccionamiento</b>	PAN ID, Canal, Dirección	PAN ID, Canal, Dirección

Tabla 2-3.- Características generales módulos Xbee<sup>34</sup>**2.1.2.3 Empaquetamiento serial a RF por el modulo XBEE.**

Los datos entran al modulo XBEE a través del PIN 3 (DI) como una señal serial asincrónica. Cuando no existe datos se mantiene en un nivel alto por defecto. Cada byte de información esta acompañado por un bit de inicio y uno de parada, como se muestra en la Figura 2-6.

<sup>34</sup> Hoja de Datos del Módulo Xbee, elaborado por MaxStream



**Figura 2-6** Trama de datos para la comunicación serial

(Fuente Propia)

Los datos ingresados de forma serial por el pin 3 del modulo XBEE son almacenados en el buffer del modulo RF, para luego ser empaquetados en un paquete RF. El modulo RF empaqueta y envía un frame siempre y cuando se de una de las tres siguientes condiciones:

- ✓ Cuando el estado del PIN D0 sea 0, es decir se configura una señal de interrupción externa para envío de datos.
- ✓ Cuando el buffer ha recibido 100 bytes de datos estos son encapsulados en un paquete RF y luego son enviados.
- ✓ Cuando se recibe la secuencia de bytes GT + CC + GT, GT es el tiempo de espera que se configura al modulo XBEE antes de enviar una trama RF.

Cada paquete RF contiene la dirección origen y la dirección destino como se especifique con los comandos MY y DL . Los paquetes RF siguen la estructura de la especificación 802.15.4.

#### 2.1.2.4 Display LCD.

Los módulos LCD (Liquid Crystal Display), son compactos y necesitan muy pocos componentes externos para un funcionamiento correcto. La función principal de estos módulos es la de visualizar los caracteres deseados por el usuario. En la pantalla se pueden visualizar hasta 40 caracteres en sus dos líneas (20 por línea), cada carácter se visualiza en una matriz de 5 x 8 puntos.

Este dispositivo dispone de 16 pines de los cuales 2 son para alimentación , 1 para ajuste de contraste, 3 para control los restantes 8 para transmisión/recepción de datos.

El controlador permite enviar datos utilizando 4 o 8 de los pines de datos y conectar a tierra uno de los pines de control (específicamente R/W), lo que permite ahorrar el número de pines del microcontrolador.

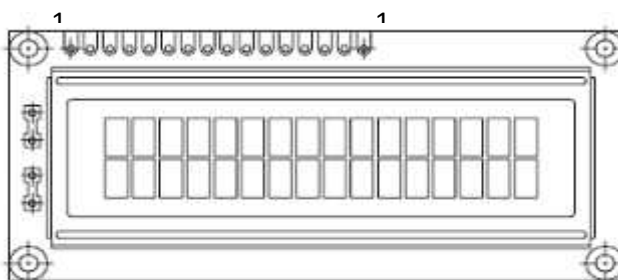


Figura 2-7.- Distribución de pines del display LCD de 16 caracteres por dos líneas.<sup>35</sup>

Características:

NÚMERO DE PIN	SIMBOLO	FUNCION
1	Vss	Gnd
2	Vdd	+3V or +5V
3	Vo	Ajuste de contraste
4	RS	Seleccionar registro
5	R/W	Señal de Leer o Escribir
6	E	Habilitar señales
7	DB0	Bus de dato
8	DB1	Bus de dato
9	DB2	Bus de dato
10	DB3	Bus de dato
11	DB4	Bus de dato
12	DB5	Bus de dato
13	DB6	Bus de dato
14	DB7	Bus de dato
15	A/Vee	Ánodo de back Light
16	K	Cátodo

Tabla 2-4.- Descripción de pines del display LCD de 16 caracteres por dos líneas<sup>36</sup>

<sup>35</sup> [www.adelaida.ro/images/dem16218sgh\\_\\_221.gi](http://www.adelaida.ro/images/dem16218sgh__221.gi)

<sup>36</sup> Hoja de Datos de LCD 16x2 , Elaborado por VISHAY; Display@Vishay.com

### 2.1.2.5 Teclado

Se utiliza un teclado matricial 4x4 (cuatro filas, cuatro columnas) que se conectan a 8 pines del microcontrolador. Se agregarán cuatro resistencias de pull-down a los pines del microcontrolador que controlen a las filas.

Este teclado junto con el display LCD será la interfaz que el usuario puede manejar para la configuración del dispositivo, el cual le permitirá ingresar números y letras.

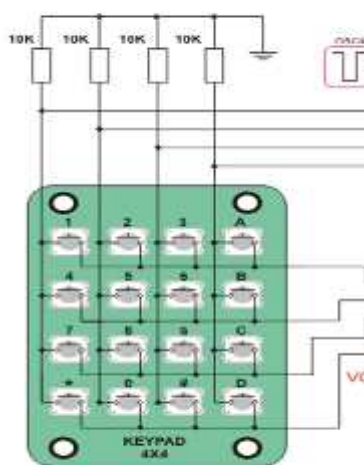


Figura 2-8- Teclado Matricial de 4 filas y 4 columnas. <sup>37</sup>

### 2.1.2.6 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación se divide en tres bloques, los cuales manejan diferentes voltajes, provenientes de un adaptador AC/DC o de la batería de respaldo que suministra 12V a 1.3 amperios:

- 12 V para sensores externos, sirena, etc.
- 5 V para Microcontrolador y LCD.
- 3.3 V para módulo Xbee

<sup>37</sup> Fuente: Librería de ayuda de MikroBASIC PRO FOR PIC



La regulación de voltaje a 12 V es realizado mediante el regulador de voltaje LM7812, quien proporciona la alimentación de voltaje a los sensores externos. La regulación a 5 V se la realiza mediante el regulador LM7805, el cual proporciona 5 V a su salida, voltaje que alimenta tanto al microcontrolador como al display LCD.

Para la regulación de 3.3V que requiere el módulo Xbee, se utiliza el regulador de voltaje LM317, que es un regulador de voltaje ajustable desde 1.2 V a 37 V.



Figura 2-9.- Empaquetado TO92 , común para regulador de voltaje de la familia LM78xx.<sup>38</sup>

### 2.1.2.7 Sensores

El sistema del SCA-XBEE esta diseñado para trabajar con diferentes dispositivos de seguridad entre lo cuales tenemos, sensores de movimiento, contactos magnéticos, u otros dispositivos que actúen similar a un interruptor.

#### a) *Sensor de Movimiento*

Existen varios detectores de movimiento desde los digitales para exteriores inmunes a mascotas hasta los analógicos

---

<sup>38</sup> Fuente: <http://www.dynamoelectronics.com>



Figura 2-10.- Detector de Movimiento.<sup>39</sup>

La línea de detectores de Paradox combina características avanzadas y tecnologías que brindan un alto nivel de detección y prevención de falsas alarmas mediante la patentada detección de movimiento digital, elaborado para aplicaciones de alta seguridad.

Este diseño de circuito vanguardista efectúa la conversión directa de señales analógicas a digitales del detector infrarrojo mediante un potente chip de alta velocidad, basado en microprocesador. Este convierte, amplifica y procesa digitalmente la señal de bajo nivel del sensor sin ninguna circuitería analógica (sin saturación, sin pérdida de datos y sin interferencia)<sup>40</sup>.

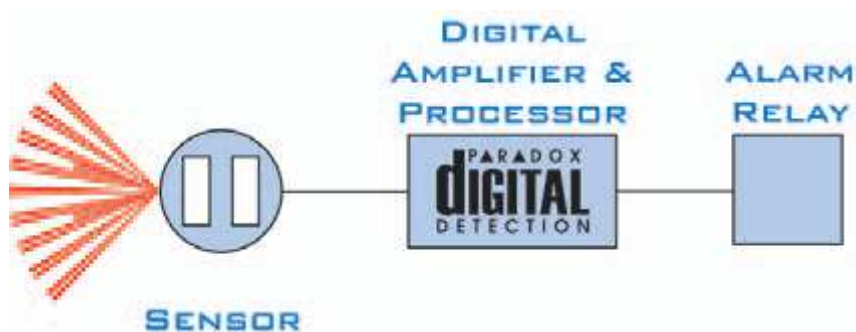


Figura 2-11.- Diagrama de bloques del detector de movimiento Paradox<sup>41</sup>

<sup>39</sup> Fuente: <http://www.artilec.cl/demo/documentos/Pdf/11070.pdf>

<sup>40</sup> Publicación Técnica de detectores de movimiento Paradox,

<sup>41</sup> Publicación Técnica de detectores de movimiento Paradox,

El Procesamiento Automático de Señales de Pulso transforma la energía de la señal en una salida pulsada para definir si la progresión del movimiento detectado responde a una condición de alarma. La energía de las señales se mide y almacena en memoria hasta que se alcance un nivel mínimo. El procesador rechaza entonces las señales que no reúnan los requisitos para generar una alarma.

Esta tecnología exclusiva de PARADOX brinda mayor exactitud, fiabilidad y una inmunidad superior contra las falsas alarmas.

*b) Contacto magnético*



**Figura 2-12.-** Contactos Magnéticos. <sup>42</sup>

El contacto magnético se trata de un switch que actúa con la presencia o ausencia de campo magnético a su alrededor. Se puede colocar tanto en ventanas, puertas sencillas o enrollables. Los magnéticos metálicos poseen una resistencia mayor que los magnéticos simples. Estos son indicados para detectar la abertura o rompimiento de portones pesados o cortinas metálicas.

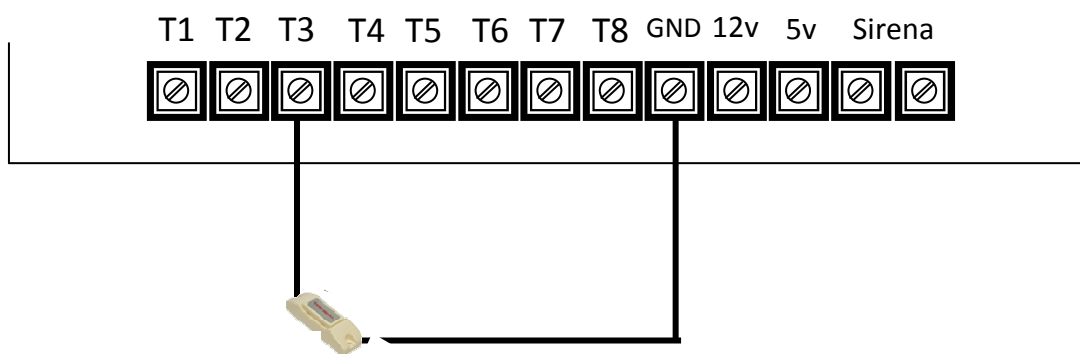
---

<sup>42</sup> <http://www.artilec.cl/demo/documentos/Pdf/11070.pdf>

### c) Botón de pánico

Se conoce como interruptor de pánico a un pulsador o switch que accione la alarma sea que se encuentre en estado activado o desactivado; este tipo de botones tienen prioridad sobre cualquier sensor de seguridad.

Por lo general es colocado en lugares estratégicos que sean discretos y de fácil acceso, ya que se los utiliza en casos de emergencia. El SCA-XBEE posee un terminal dedicado para este tipo de botones que es el terminal 3.



**Figura 2-13.-** Botón de Pánico conectado a los terminales del SCA-XBEE.  
(Fuente Propia)

## 2.1.3 DIAGRAMAS CIRCUITALES DEL SCA-XBEE

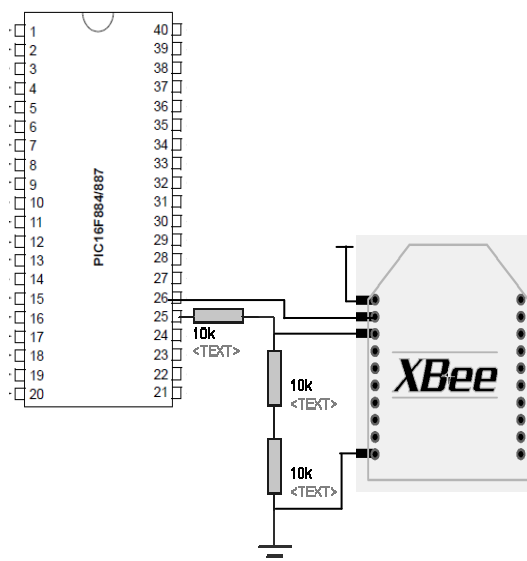
### 2.1.3.1 Conexión Módulo Xbee a PIC 16f887

El módulo Xbee requiere una alimentación desde 2.8 V a 3.4 V<sup>43</sup>, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (TXD y RXD) para comunicarse con el micro controlador, o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor adecuado para los niveles de voltaje.

<sup>43</sup> XBEE Guía de Usuario, elaborado por MCI electronics, [www.olimex.cl](http://www.olimex.cl)

Por otro lado, el módulo Xbee en el pin TX trabaja con corrientes de 45mA a 215 mA, y en el pin RX con corrientes de 50 mA a 55mA<sup>44</sup>, por lo cual para la recepción se realiza un divisor de corriente y de voltaje.

Por motivos de alcance de la señal el módulo Xbee puede estar conectado al dispositivo alarma de manera interna a los zócalos de la placa madre, o de forma externa mediante un conector DB9.



**Figura 2-14.-** Diagrama de conexión Módulo Xbee a PIC 16F887.  
(Fuente Propia)

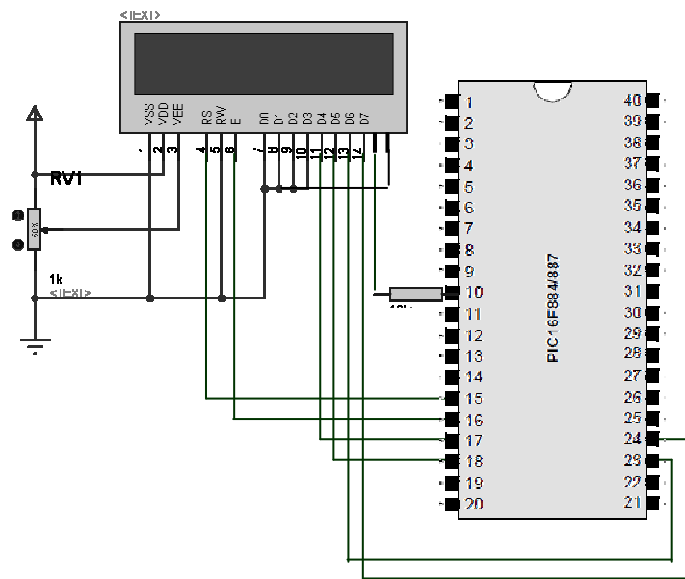
### 2.1.3.2 Conexión LCD 16x2 a PIC 16F887

El display LCD trabaja con tensiones de 4.2 V a 5.1 V en la alimentación y de 4.2 a 4.6 V el Backlight, con corrientes de 1.2 a 3mA.

El microcontrolador controla el estado de la luz de backlight con el pin 10, el display es controlado por medio del puerto C del PIC 16F887 mediante dos líneas de control y 4 líneas de datos.

Se requiere también de una resistencia variable para el control de contraste, conectado al pin 3 del display LCD.

<sup>44</sup> Manual Xbee, elaborado por MaxStream,

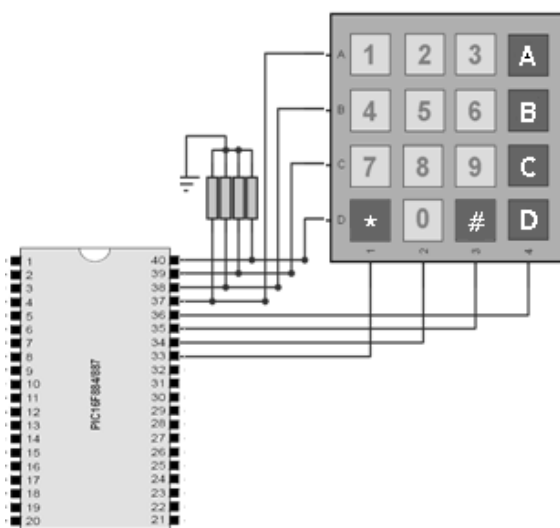


**Figura 2-15.-** Diagrama de conexión LCD 16x2 al PIC 16F887  
(Fuente Propia)

**2.1.3.3 Conexión de Teclado Matricial 4 x 4 a PIC 16f887**

El teclado matricial es controlado mediante el puerto B del PIC 16F887, para lo cual se necesita configurar cuatro resistencias en pull-down sobre los pines de barrido B4-B7.

La finalidad de esta configuración de resistencias es reducir la corriente que será administrada al micro controlador.



**Figura 2-16.-** Diagrama de conexión del teclado matricial 4 x 4 al PIC 16F887.  
(Fuente Propia)

### 2.1.3.4 Conexión de reguladores de voltaje

Se tiene una entrada de 15 V a 18 V en corriente continua el cual es regulado a 12V mediante el LM7812, voltaje que sirve para alimentar a los sensores y sirena; luego se lo regula a 5V mediante el LM7805, voltaje suministrado al display LCD y PIC. Finalmente se hace uso del LM317 para regular el voltaje a 3.3 V que polariza al módulo XBEE.

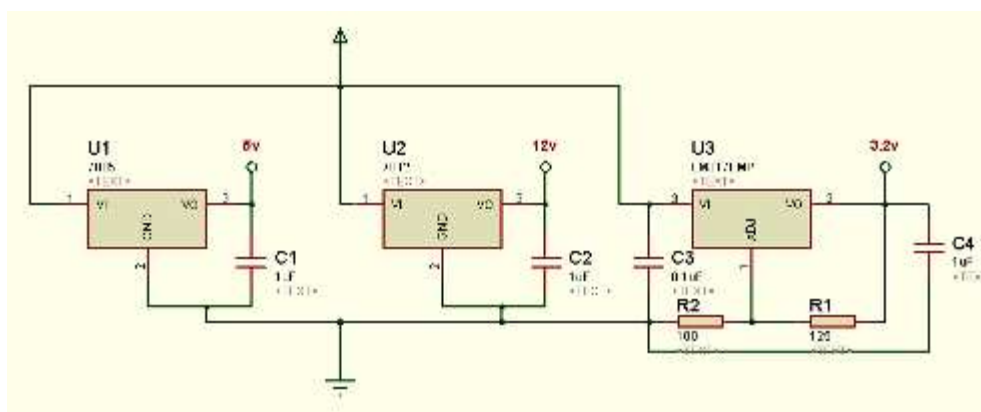


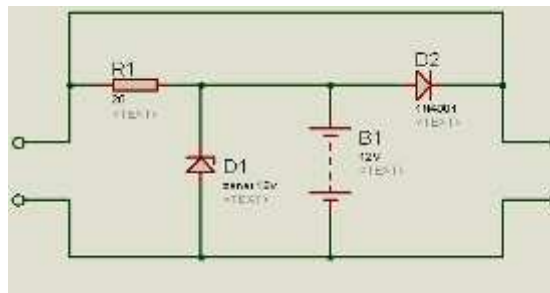
Figura 2-17.- Diagrama de conexión de los reguladores de voltaje LM7812, LM7805 y LM317 (Fuente Propia)

### 2.1.3.5 Circuito para carga de batería de respaldo.

Para recargar la batería de respaldo es necesario proporcionarle un voltaje mayor o igual a la batería, y una corriente pequeña con respecto a la corriente de la misma, a esto se le denomina etapa de flotación, en la carga de baterías.

Como se puede ver en la Figura 2-18, la resistencia R1 junto con el diodo D1 conforman el cargador de la batería, mientras que el diodo D2 actúa como un conmutador electrónico, que permitirá a la batería entrar en funcionamiento en cuanto desaparezca el voltaje suministrado por el adaptador AC/DC

Básicamente el circuito expuesto se basa en un divisor de corriente, lo que nos permite dimensionar el valor de la resistencia que necesaria.



**Figura 2-18.-** Diagrama de cargador de batería de respaldo.  
(Fuente Propia)

$V_{AC/DC}$  = Voltaje de suministrado por adaptador AC/DC

$V_{Br}$  = Voltaje de la batería de respaldo

$V_{R1}$  = Voltaje en la resistencia R1

$I_{R1}$  = Corriente en R1

$I_z$  = corriente en Zener = 28mA

$I_{Br}$  = Corriente en batería de respaldo

$P_{R1}$  = Potencia en R1

$$V_{R1} = V_{AC/DC} - V_{Br}$$

$$V_{R1} = 18V - 12V$$

$$V_{R1} = 6V$$

$$I_{R1} = I_z + I_{Br}$$

$$I_{R1} = 18mA + 300mA$$

$$I_{R1} = 318mA$$

$$R1 = \frac{V_{R1}}{I_{R1}} = \frac{6V}{0.318A} = 18.87\Omega$$

$$P_{R1} = (V_{R1})(I_{R1})$$



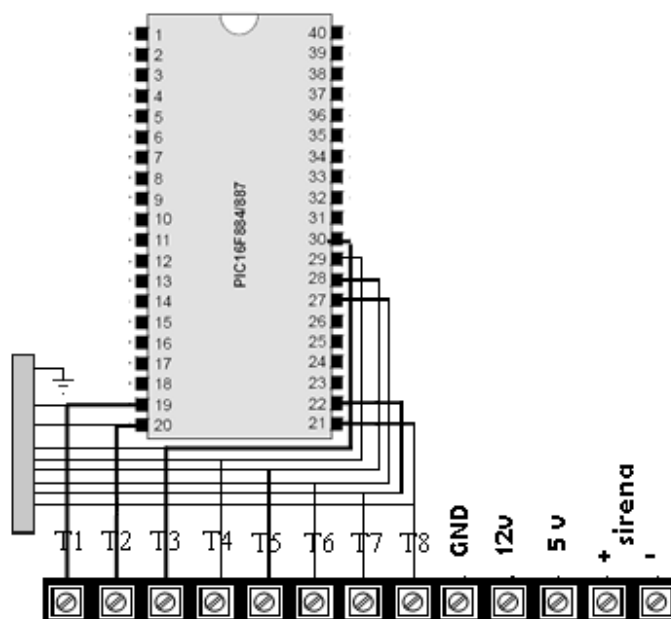
$$PR1 = (6V)(0.328A)$$

$$PR1 = 1.9868W$$

### 2.1.3.6 Conexión de terminales del sistema de alarma.

Los terminales del SCA-XBEE proporcionan la interfaz necesaria para la conexión de sensores de seguridad de similar funcionamiento mecánico (normalmente cerrado), también proporciona salida de voltaje de 12V y 5V para la alimentación de sensores.

El terminal de sirena actúa como un interruptor que esta en estado normalmente abierto, lo cual permite la conexión de otros tipos de sirena que pueden trabajar con fuentes alternas al circuito.



**Figura 2-19.-** Diagrama de conexión del PIC los terminales.  
(Fuente Propia)

### 2.1.3.7 Diseño de Tarjeta Madre

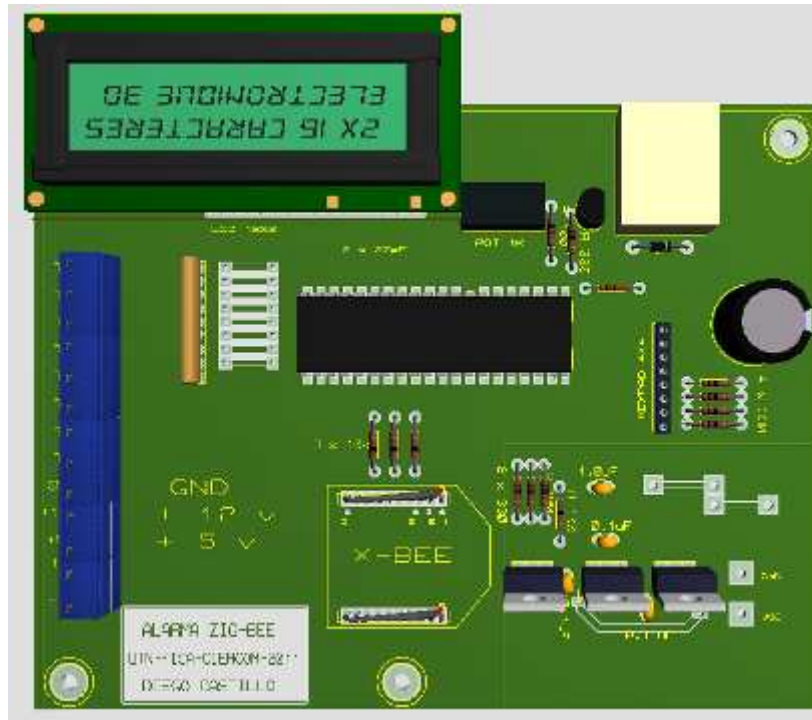


Figura 2-20.- Diseño placa madre del SCA-XBEE, vista con dispositivos y elementos electrónicos.  
(Fuente Propia)

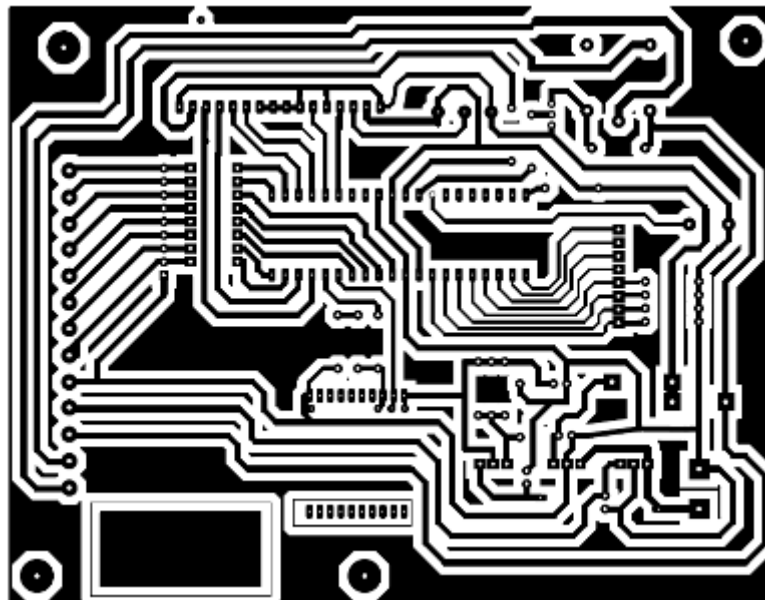


Figura 2-21.- Diseño placa madre del SCA-XBEE, ruteo de pistas.  
(Fuente Propia)

## **2.2 DISEÑO DE SOFTWARE**

El software del sistema de alarma comunitaria se compone del código fuente desarrollado para el micro controlador PIC 16F887 y la configuración de los dispositivos ZIG-BEE presentes en cada SCA-XBEE del sistema de alarma comunitaria.

### **2.2.1 DISEÑO DEL PROGRAMA FUENTE DEL MICROCONTROLADOR**

Todo microcontrolador necesita la ejecución de un programa para la toma de decisiones y realización de procesos. Esto se denomina el código ejecutable el cual está compuesto por una serie de ceros y unos, que se alojan en la memoria flash del microcontrolador.

#### **2.2.1.1 Lenguaje de programación**

El desarrollo del código del microcontrolador PIC está realizado en lenguaje BASIC, debido a que se cuenta con librerías disponibles de fácil entendimiento para el programador evitando además realizar análisis de bajo nivel para la ejecución de los procesos.

El Basic es un lenguaje de programación simple y fácil de entender. Para utilizarlo correctamente, basta con conocer sólo unos pocos elementos básicos en los que consiste cada programa.

Similar a los otros lenguajes de programación, Basic dispone de un conjunto de reglas estrictamente definidas que se deben observar al escribir un programa.

### 2.2.1.2 Compilador y Depurador

Para escribir un programa en Basic, es necesario instalar un software que proporcione el entorno de trabajo apropiado, en este caso, se necesita el compilador mikroBasic PRO for PIC.

Este compilador permite el uso de reglas y ciclos básicos de programación con estructuras definidas, como también el uso de librerías y estructuras ya creadas.

Una vez que se ha escrito el programa, el mismo se debe compilar<sup>45</sup> en código HEX para ser entendido por el microcontrolador. MikroBasic PRO for PIC compila, y si la compilación se ha realizado con éxito, se generarán los archivos de salida (asm, .hex etc.).

La depuración es un paso muy importante ya que permite probar el programa después de una compilación realizada con éxito, o solucionar los errores descubiertos mientras se ejecuta el programa. El principio de depuración se basa en ejecutar el programa paso a paso y monitorear el contenido de los registros y los valores de las variables. De este modo, es posible comprobar el resultado de un cálculo y ver si algo inesperado ha ocurrido. Al ejecutar el programa paso a paso, se puede localizar los problemas con facilidad.

MikroBasic PRO for PIC, también posee un depurador software que simula el funcionamiento del microcontrolador (modo por defecto) y un depurador hardware (mikroICD) que lee directamente el contenido de la memoria del microcontrolador.

---

<sup>45</sup> Compilar.- Proceso de conversión del código de programación a código binario representado en hexadecimal

### 2.2.1.3 Descripción del código fuente del microcontrolador

Como se trató anteriormente el código fuente con el que opera el microcontrolador 16F887 esta diseñado en el compilador MikroBasic PRO for PIC elaborado por Mikroelektronika.

#### *a) Programa principal (main)*

En la

Figura 2-22, se observa el diagrama de flujo que describe el funcionamiento general del programa principal del código fuente. Se inicia con la configuración de registros y fusibles necesarios para la adquisición y envío de datos a través de los puertos necesarios, como también la inicialización de librerías y variables que tienen datos guardados en la memoria EEPROM.

Luego de esto se procede con el monitoreo de los sensores y la entrada de datos provenientes de otros dispositivos, al mismo tiempo que se muestra en pantalla un mensaje de información. El monitoreo de sensores se lo lleva a cabo mediante el subprograma `emergencia()`, que monitorea la activación de los sensores conectados y configurados en los terminales; y el subprograma `pánico()`, que monitorea explícitamente al sensor o interruptor conectado al terminal T3 del bloque de terminales.

El programa principal también comprende un ciclo repetitivo en el cual se muestra un menú de las opciones de configuración del SCA-XBEE, el cual se visualiza en pantalla después de haber presionado una tecla. Cada item presentado en este menú se compone de un enlace a subprogramas que se describen más adelante.

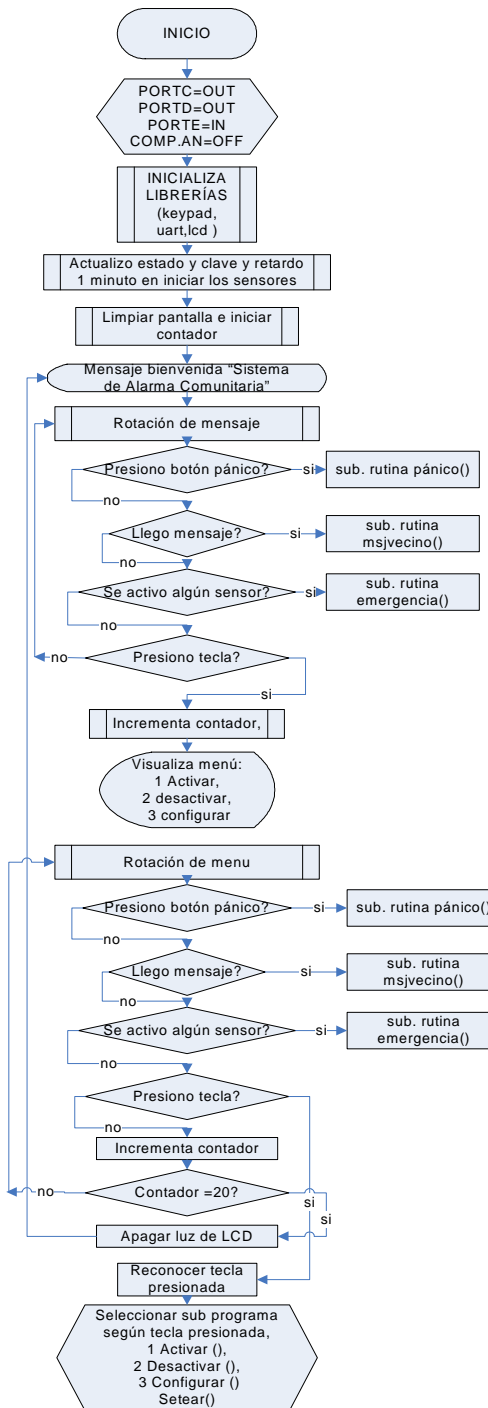
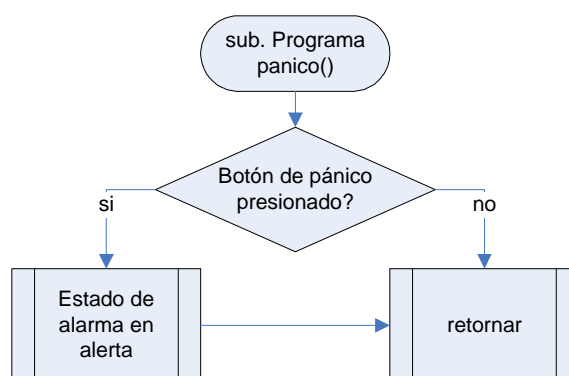


Figura 2-22.- Diagrama de flujo del programa principal del micro controlador. (Fuente Propia)

b) Subprograma pánico()

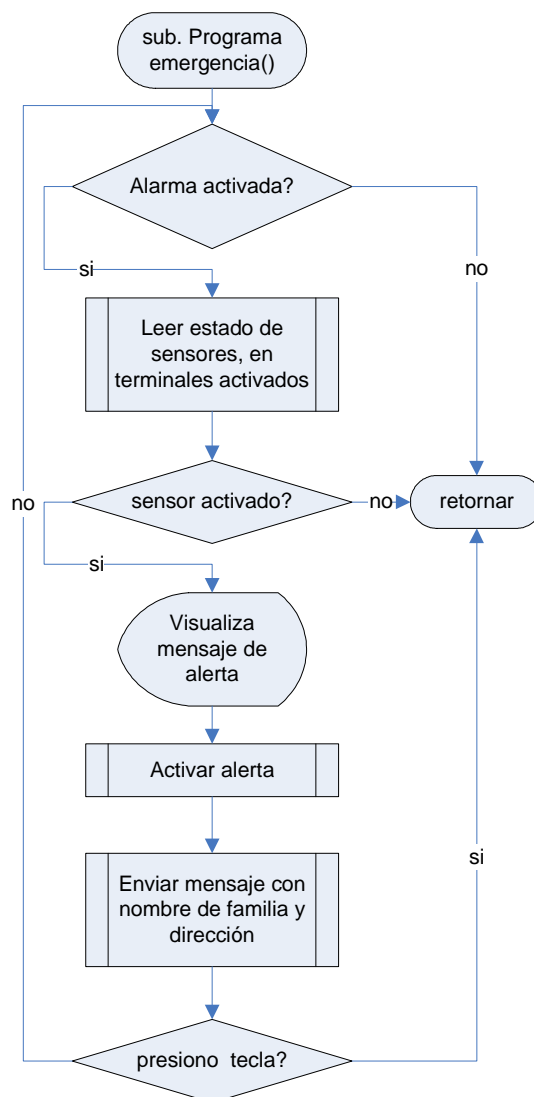
El subprograma pánico() monitorea el estado del terminal T3 del bloque de terminales, el cual tiene el propósito de conectar botones de pánico. Si se detecta la caída de tensión en este terminal, se dispara inmediatamente la alerta independientemente del estado de activación de la alarma.



**Figura 2-23.-** Diagrama de flujo del subprograma pánico().  
(Fuente Propia)

c) *Subprograma emergencia()*

El subprograma emergencia() es uno de las rutinas más importantes del código fuente, en esta rutina se monitorea el estado de los terminales al cual están conectados los sensores y son previamente configurados en el subprograma terminales(). El monitoreo del estado de los terminales se lo realiza siempre y cuando la alarma se encuentre en estado activado, si ese es el caso, se verifica nivel de tensión en los terminales y si se encuentran en estado 0 lógico se activa la alerta, se visualiza un mensaje "ALERTA SENSOR ACTIVADO", luego se envía mensajes mediante el módulo Xbee hacia otros dispositivos. El mensaje enviado contiene el nombre de familia y la dirección previamente configurados en los subprogramas familia() y dirección() respectivamente.



**Figura 2-24.-** Diagrama de flujo del subprograma emergencia().  
(Fuente Propia)

d) *Subprograma msjvecino()*

El propósito de este subprograma es esperar mensajes que vengan de otros dispositivos, tomarlo, visualizarlo y redistribuirlo a otros dispositivos. Los mensajes llegan vía inalámbrica hasta el módulo Xbee y son entregados mediante interfaz serial al microcontrolador, el cual lo procesa y lo vuelve a distribuir. La lectura del mensaje de entrada se lo hace 8 veces antes de que sea enviado, para evitar errores en la comunicación.



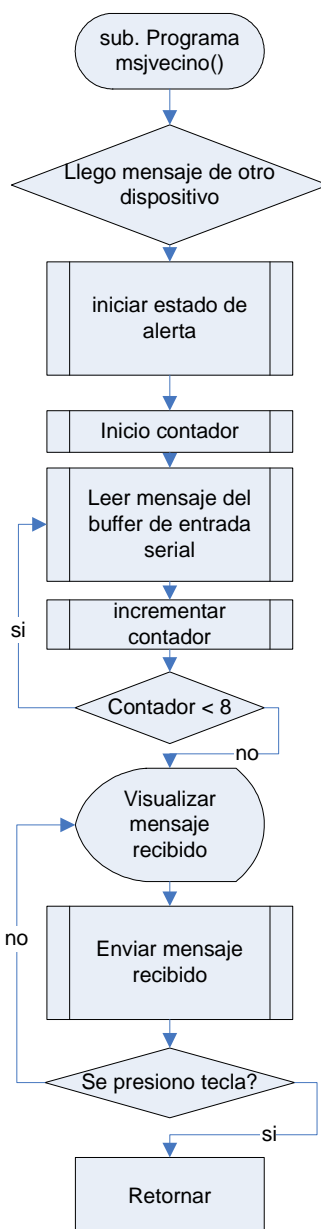
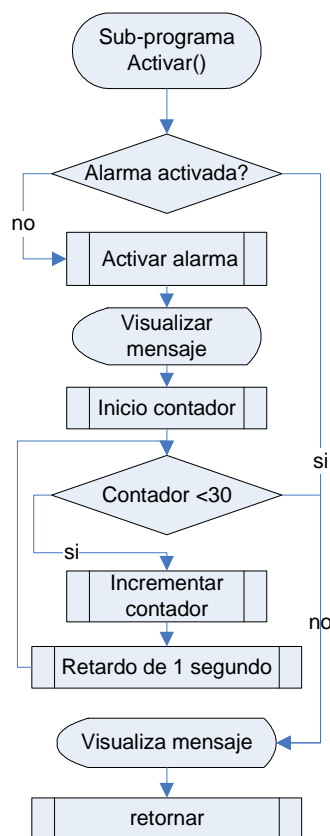


Figura 2-25.- Diagrama de flujo del subprograma msjvecino()  
(Fuente Propia)

e) *Subprograma activar()*

La activación de la alarma se la puede realizar escogiendo la primera opción del menú principal, la cual nos llevara hacia el subprograma `activar()`. Este verifica el estado de la alarma permitiendo ver al usuario si esta activada o no. En

el caso de no estar activada, se procede activar la misma, mostrando un mensaje durante 30 segundos antes de iniciar el monitoreo de las terminales.

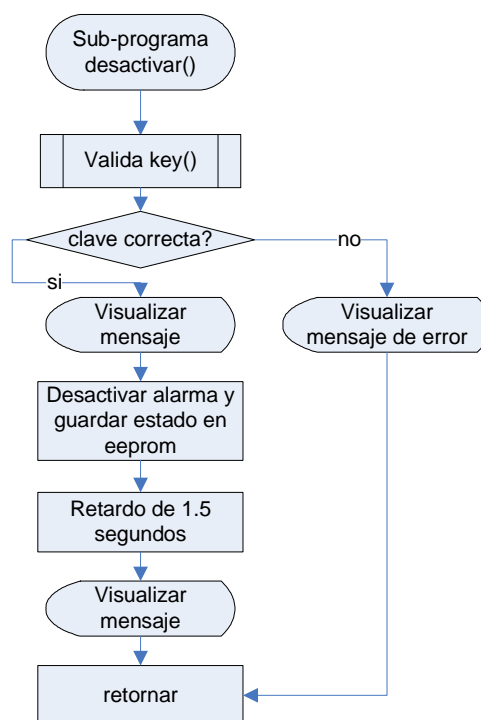


**Figura 2-26.-** Diagrama de flujo del subprograma activar().  
(Fuente Propia)

#### *f) Subprograma desactivar()*

Para la desactivación de la alarma es necesario ingresar al menú principal y seleccionar la segunda opción, en ese instante se enlazará con el subprograma desactivar, el cual hace un llamado al subprograma valida key() , en el que se validara la clave ingresada con la clave guardada en la EEPROM.

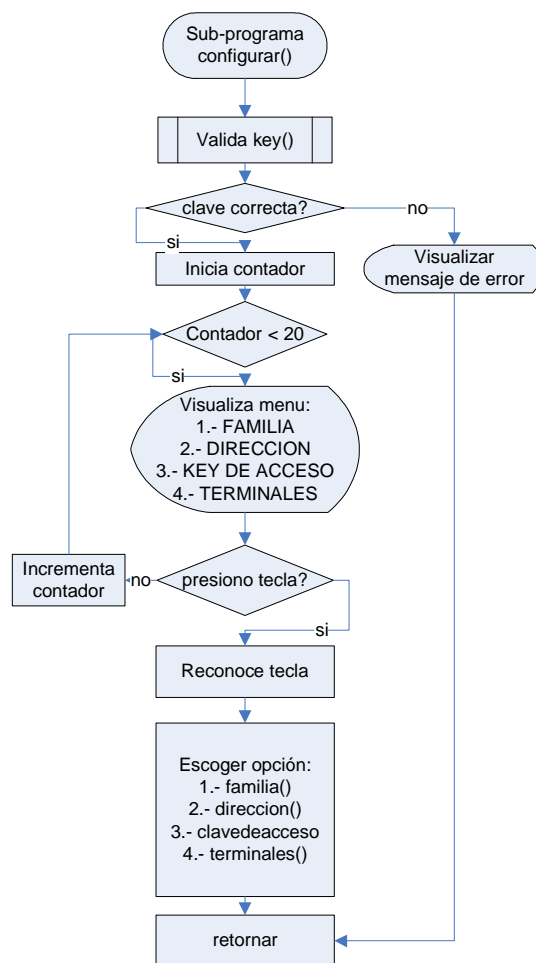
Si la validación fue exitosa se procede a la desactivación de la alarma, cambiando y guardado el estado de la misma; caso contrario se visualizará un mensaje de “error de clave”.



**Figura 2-27.-** Diagrama de flujo subprograma desactivar().  
(Fuente Propia)

g) *Subprograma configurar()*.

El subprograma configurar es básicamente un sub menú con las opciones de configuración, para lo cual es necesario validar la clave antes de entrar al menú. Cada opción del menú lleva a un subprograma donde se podrá configurar el nombre de la familia, la dirección, el key de acceso y los terminales activos.



**Figura 2-28.-** Diagrama de flujo del subprograma configurar().  
(Fuente Propia)

#### *h) Subprograma familia()*

Este subprograma permite guardar en la memoria EEPROM del microcontrolador hasta 40 caracteres que corresponden al nombre de la familia, permite ver el estado actual como también remplazar al existente. Para el ingreso de caracteres se hace uso de los subprogramas tecla() y leeletra(), que se los tratará mas adelante.

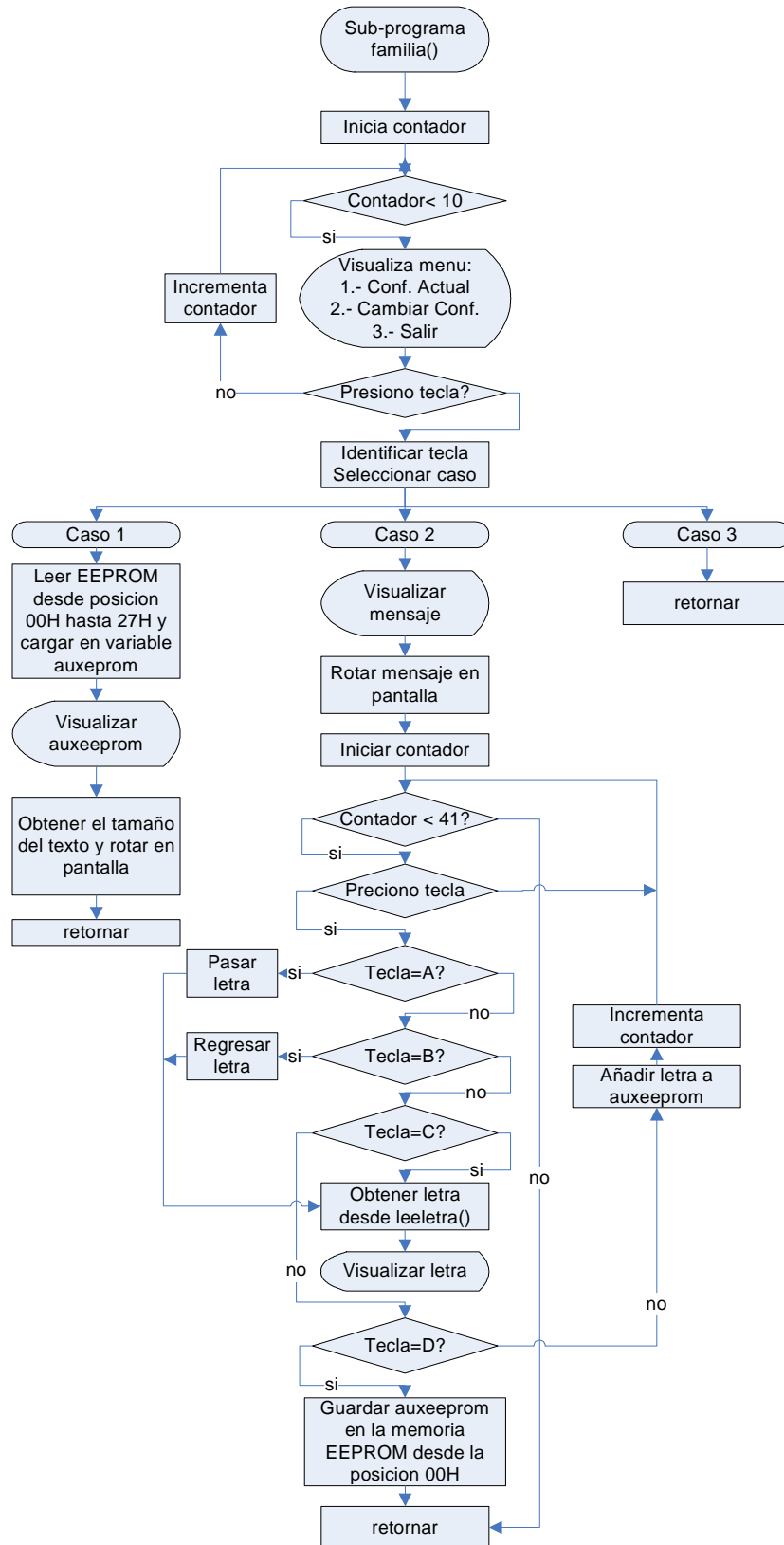
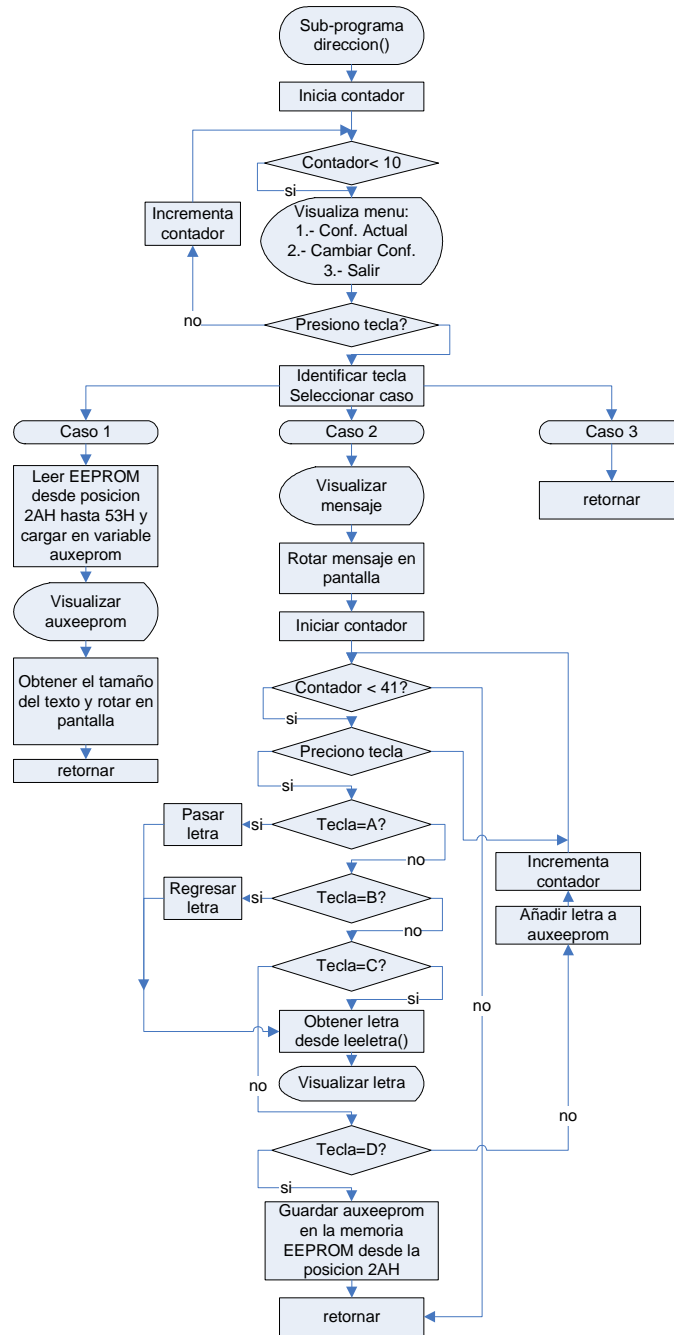


Figura 2-29.- Diagrama de flujo del subprograma familia()  
(Fuente Propia)

*i) Subprograma dirección()*

Este subprograma, similar al anterior, permite guardar en la memoria EEPROM del microcontrolador hasta 40 caracteres que corresponden a la dirección del domicilio. A diferencia del anterior, este programa permite el ingreso de letras y números para su configuración.



**Figura 2-30.-** Diagrama de flujo del subprograma dirección()  
(Fuente Propia)

j) Subprograma clave de acceso ()

A diferencia de los anteriores subprogramas de configuración, este permite el ingreso de 4 dígitos que serán utilizados como la clave de acceso a las opciones de configuración y desactivación de la alarma. Para el ingreso de los dígitos se hace uso del subprograma leenumero(), el cual identifica que tecla fue presionada y envía su número equivalente.

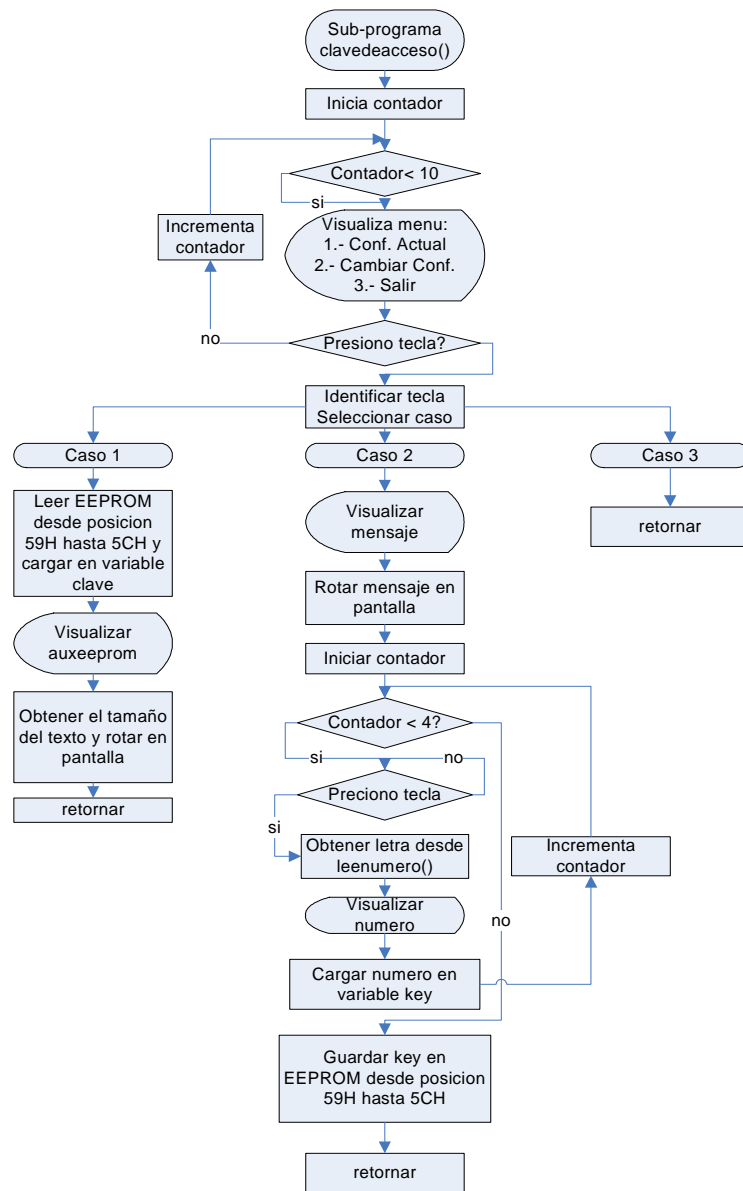


Figura 2-31.- Diagrama de flujo del subprograma clave de acceso()  
(Fuente Propia)

k) Subprograma terminales ()

Debido a que los terminales se encuentran conectados al micro controlador mediante configuración pull-down, se creó el subprograma terminales(), en el cual se configura las entradas activas, es decir los terminales donde están conectados sensores, y obvia a los terminales donde no se encuentra conectado sensor alguno.

Para el ingreso de los terminales, solo es necesario ingresar los números de los terminales activos, en cualquier orden, pero completando 8 ingresos sea con ceros o con un mismo terminal.

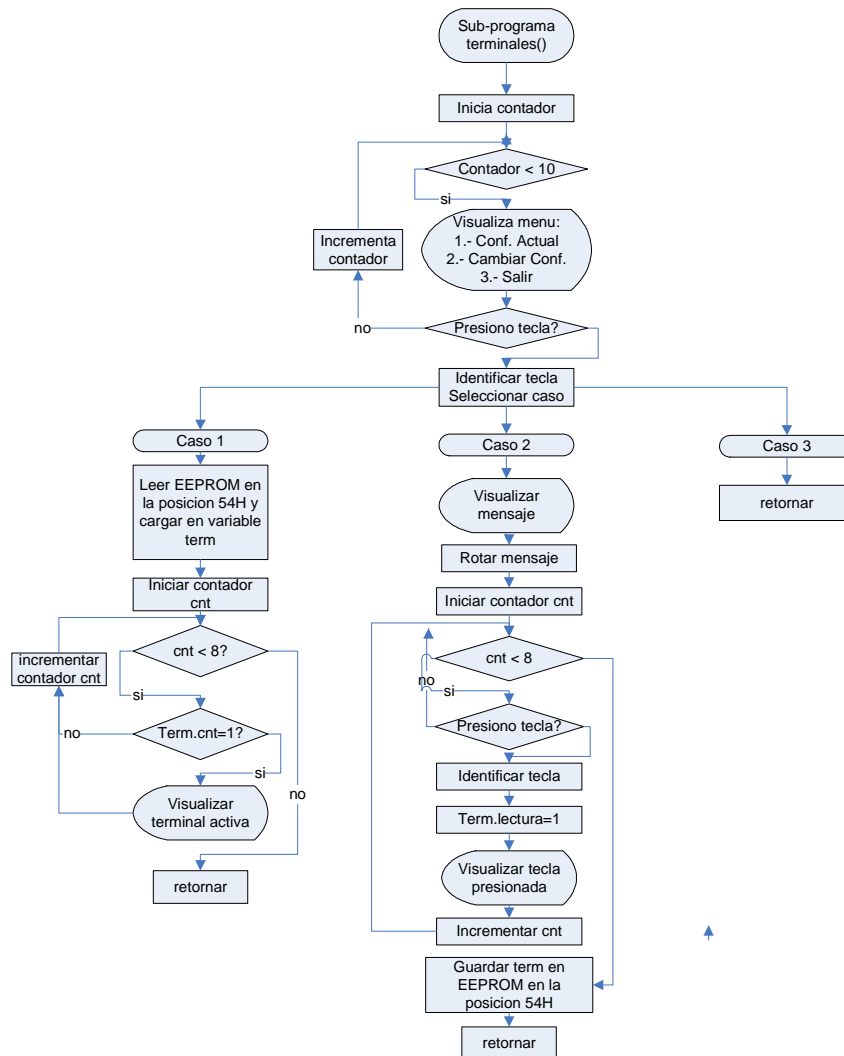


Figura 2-32.- Diagrama de flujo Subprograma terminales ()  
(Fuente Propia)



l) *Subprograma validakey ()*

El subprograma validakey(), es el llamado a la comparación y confirmación de la clave ingresada para entrar a los procesos de configuración y desactivación de la alarma. Esta sub rutina pide ingresar 4 dígitos que serán comparados uno a uno con cuatro dígitos cargados en la variable clave mediante el subprograma leeclave ().

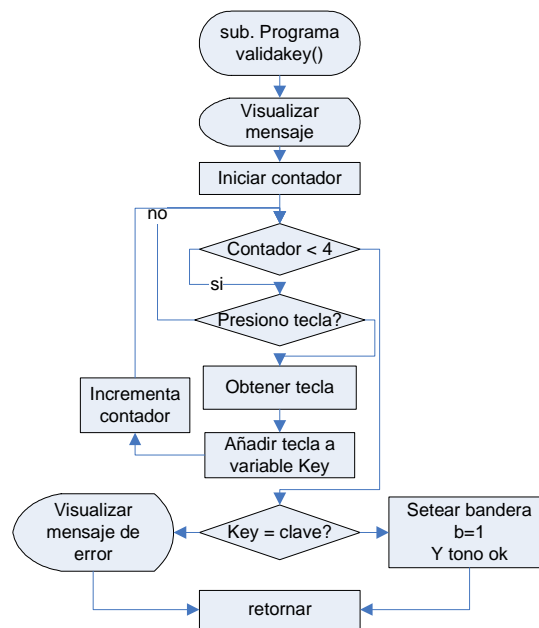
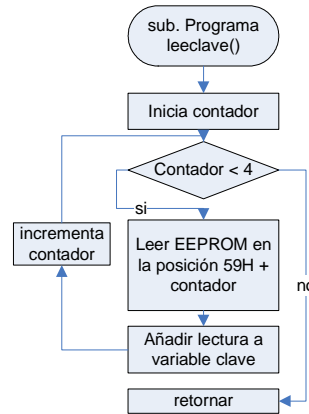


Figura 2-33.- Diagrama de flujo subprograma validakey().  
(Fuente Propia)

m) *Subprograma leeclave ()*

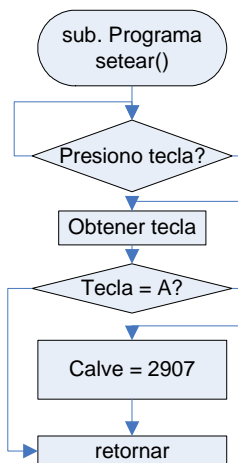
Es el encargado de leer la memoria EEPROM desde la posición 59H hasta la posición 62H que corresponden a los cuatro dígitos de la clave de acceso. Estos bytes son añadidos a la variable clave para realizar procedimientos de comparación y validación. Este subprograma es llamado desde el programa principal main(), al iniciarse el micro controlador.



**Figura 2-34.-** Diagrama de flujo del subprograma leeclave().  
(Fuente Propia)

*n) Subprograma setear()*

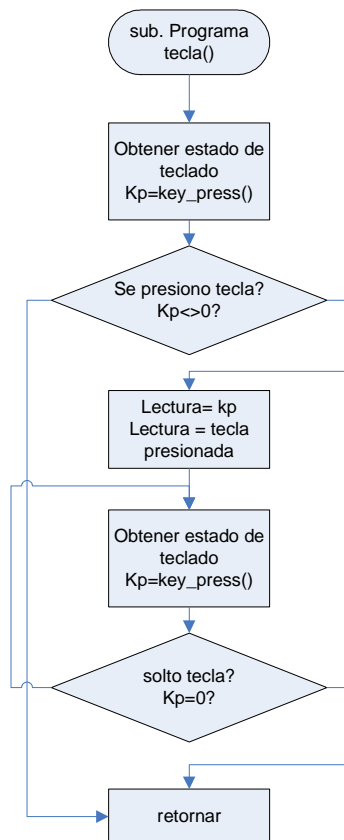
En el menú principal se despliega 3 opciones que son visibles para el usuario, sin embargo existe una opción adicional que es la de setear. Para acceder a esta opción es necesario presionar la tecla “D” del teclado matricial, en ese momento hace el llamado al subprograma setear(), en el cual se espera hasta que se presione una tecla, antes de regresar al menú principal. Si la tecla presionada es la tecla “A”, se realiza el seteo de la clave por una clave maestra que es “2”, “9”, “0”, “7”, y luego regresa al menú principal.



**Figura 2-35.-** Diagrama de flujo del subprograma setear().  
(Fuente Propia)

*o) Subprograma tecla()*

El subprograma `tecla()` está destinado a testear el estado del teclado con la ayuda de la librería `Keypad 4x4`<sup>46</sup>. En esta librería devuelve el número de tecla presionada (de 1 a 15) o un 0 si no se ha presionado una tecla. Una vez obtenida la tecla presionada, se la almacena en la variable `lectura`, para luego ser procesada y obtener el símbolo que esta tecla representa.



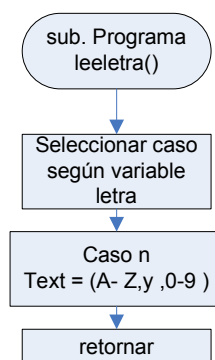
**Figura 2-36.-** Diagrama de flujo del subprograma `tecla()`.  
(Fuente Propia)

*p) Subprograma leeletra()*

El subprograma `leeletra()` es llamado para extraer la letra equivalente al Número previamente cargado en la variable `letra`. Por ejemplo: si la variable `letra` es igual a 1, mediante la instrucción `select case`, se entrara al caso 1 el cual carga

<sup>46</sup> Librería incluida en el compilador mikroBasic PRO for PIC.

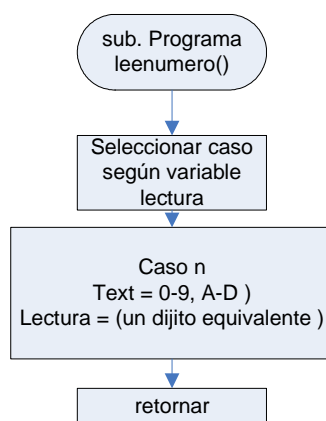
en la variable text la letra “A”, para ser usada en procesos siguientes. Este subprograma es usado en las configuraciones de nombre de familia y dirección.



**Figura 2-37.-** Diagrama de flujo del subprograma leeletra().  
(Fuente Propia)

q) *Subprograma leenumero()*

Similar al anterior, con la diferencia de que la variable text retorna con el símbolo de la tecla presionada en el teclado matricial. Por ejemplo, si se presiono la tecla con el Número “4”, la variable lectura será asignada el Número 5, y mediante esta sub rutina se asignara a la variable text el valor 52, que equivale al símbolo “4” en caracteres ASCII.



**Figura 2-38.-** Diagrama de flujo del subprograma leenumero().  
(Fuente Propia)

r) Subprogramas *beepok()* y *beepbad()*

Estos programas efectúan sonidos para los procesos correctos y erróneos (2 beep y 4 beep respectivamente). Son utilizados en la entrada a subprogramas y en la validación de claves.

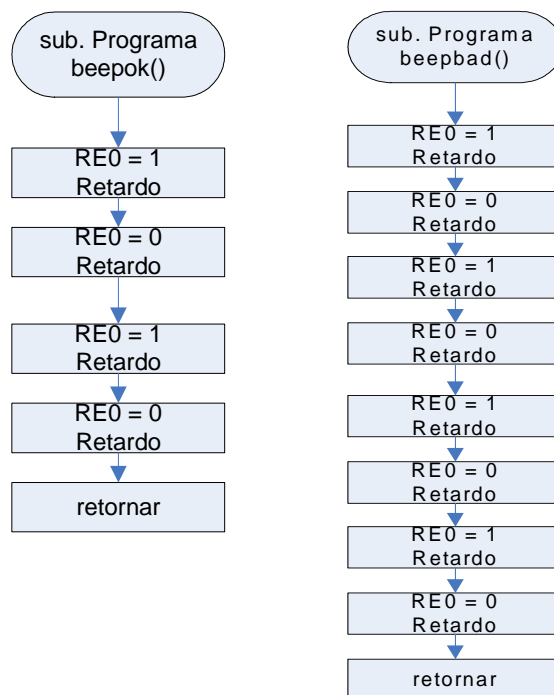


Figura 2-39.- Diagramas de flujo de los Subprogramas *beepok()* y *beepbad()*.  
(Fuente Propia)

## 2.2.2 PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO XBEE

### 2.2.2.1 Software X-CTU

Los módulos Xbee permiten una configuración por medio de comandos AT mediante una interfaz serial, por lo que es posible utilizar Hyperterminal de Windows para configurar uno de estos módulos. Sin embargo MaxStream ha

creado un software propietario llamado X-CTU, el cual permite realizar estas operaciones de manera más natural, fácil y rápida.

El software es fácil de usar y permite poner a prueba los módems de radio en el entorno real con sólo una computadora y los elementos incluidos con los módems de radio.

*a) Características*

- X-CTU opera en las plataformas de Windows en las versiones Windows 98, 2K, ME, XP.
- Soporte para todos los productos MaxStream.
- Ventana de terminal integrado.
- Permite realizar pruebas de rango mediante el uso de un bucle de mensajes
- Posee un indicador de la intensidad de la señal en recepción (RSSI)
- Redactar paquetes de prueba, ya sea en ASCII o hexadecimal para transmitir en la interfaz del terminal.
- Guardar y recuperar configuraciones de módulos de uso general (perfiles).
- Detectar automáticamente el tipo de módulo.
- Restaurar los parámetros por defecto de fábrica.
- Mostrar ayuda sobre cada uno de los parámetros de radio.
- Programa los perfiles de radio en un entorno de producción mediante la interfaz de línea de comandos.

b) Diagrama de conexión con módulo Xbee

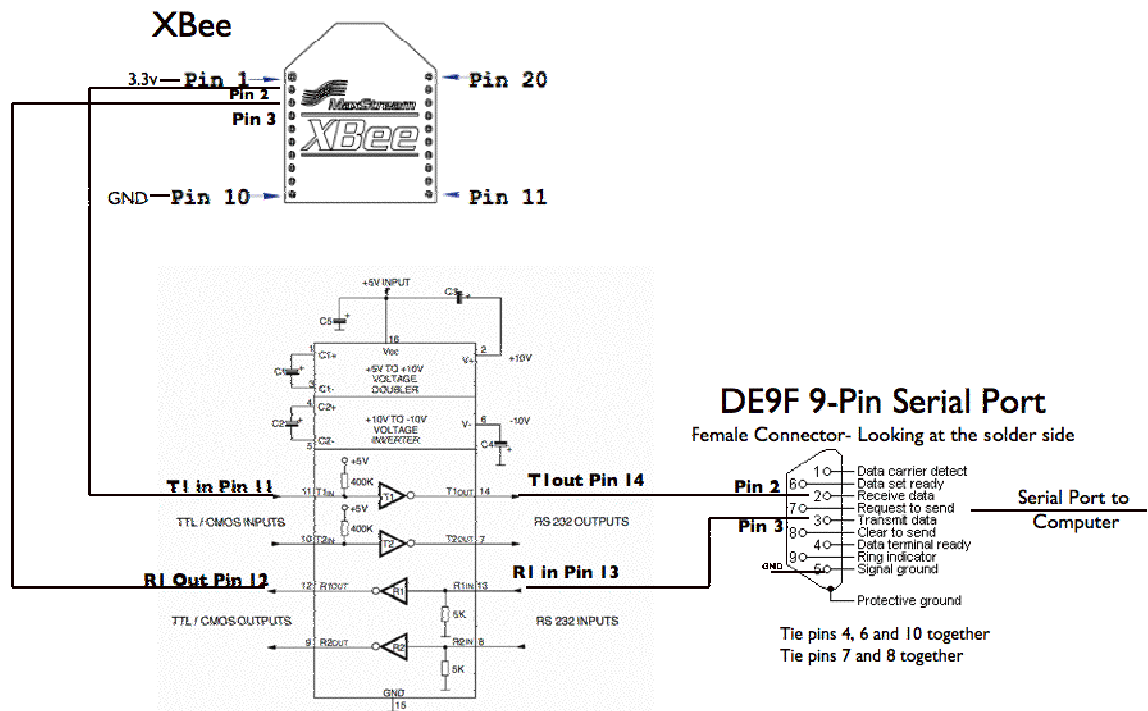


Figura 2-40.- Diagrama de conexión de un módulo XBEE al puerto serial de un PC<sup>47</sup>

### 2.2.2.2 Comandos AT para la configuración de módulos Xbee

Como se trató anteriormente, los módulos Xbee permiten la configuración de sus parámetros mediante comandos AT. Los cuáles deben tener la siguiente estructura:

Prefijo "AT"+ comando ASCII+ espacio (opcional)+parámetro en Hexadecimal (opcional)+ carácter CR (ASCII = 13).

EJEMPLO: ATID 10 <CR>

Para ingresar a este modo se debe esperar un tiempo dado por el comando GT luego ingresar +++ y luego esperar otro tiempo GT<sup>48</sup>.

<sup>47</sup> Fuente: <http://crispalma.blogspot.com/2011/01/configuracion-de-modulos-zigbee.html>

<sup>48</sup> Guard Time, por defecto ATGT=0x3E84 que equivalen a 1000ms.

Como respuesta el módulo entregará un OK. El módulo Xbee viene por defecto con una velocidad de 9600bps. En caso de no poder ingresar al modo de comandos, es posible que sea debido a la diferencia de velocidades entre el módulo y la interfaz que se comunica vía serial.

En la tabla 2-5, Se tiene un resumen de los comandos AT mas usados, el contenido se muestra con el rango permitido por el comando, una descripción, y las configuraciones para cada valor del parámetro.

COMANDO AT	RANGO	DESCRIPCIÓN
A1	0 - 0x0F	Describe el modo de Asociación de un módulo. Utilizado como Dispositivo Terminal (CE=0). Defecto=0.
A2	0 - 0x0F	Describe el modo de Asociación de un módulo utilizado como Coordinador (CE=1). Defecto=0.
AC	-	Aplica los cambios realizados explícitamente en la configuración.
AP	0 - 0x02	Habilita el modo de operación API. Defecto=0.  0 Modo API Deshabilitado.  1 Modo API habilitado.  2 Modo API habilitado con carácter de escape.
BD	0 - 0x07	Ajusta la tasa de transmisión entre el módulo y su cliente conectado a través de la interfaz serial. Para valores no-estándar revisar el manual. Defecto=3.  0 1200  1 2400  2 4800  3 9600  4 19200  5 38400  6 57600  7 115200
CC	0 - 0xFF	Establece el carácter de secuencia a ser usado entre tiempos de esperas para entrar al modo de comandos. Defecto=0x2B



		( carácter ASCII +)
CH	0x0B - 0x1A	Establece el canal por el cual se realiza la conexión RF entre módulos. Defecto=0x0C.
CE	0 - 1	Indica el comportamiento del módulo. Defecto=0. 0 Dispositivo Terminal. 1 Coordinador.
CN	-	Sale del modo de Comando.
D0-D4	0 - 5	Ajusta la configuración de los pines I/O. 0 Deshabilitado. 1 -- 2 ADC. 3 Entrada Digital. 4 Salida Digital LOW.
D5	0 - 5	Mismas funciones que D0 - D4, exceptuando lo siguiente:
D6	0 - 5	1 Indicador de Asociación. Mismas funciones que D0 - D4, exceptuando lo siguiente: 1 Control de Flujo RTS. 2 No tiene conversor ADC.
D7	0 - 5	Mismas funciones que D0 - D4, exceptuando lo siguiente: 1 Control de Flujo CTS. 2 No tiene conversor ADC.
D8	Sólo 0 y 3	Ajusta la configuración del pin DI-8 (pin 9). 0 Deshabilitado. 3 Entrada Digital.
DB	0x17 - 0x5C (x-1dBm)	Lee la potencia de la señal del módulo del cual provino el último paquete RF recibido.
DL	0 - 0xFFFFFFFF	Ajusta los 32 bits menos significativos para direccionamiento. Defecto = 0.
DH	0 - 0xFFFFFFFF	Ajusta los 32 bits más significativos para direccionamiento. Defecto = 0.
GT	2 - 0x0CE4	Tiempo de espera antes y después de ingresar el carácter de

	(x 1 ms)	secuencia para entrar al modo de comandos. Defecto = 0x3E8.
IA	0 - 0xFFFFFFFFFFFFFFFF	Utilizado para crear el Cable Virtual. Indica la dirección del módulo de origen de los datos.  Defecto= 0xFFFFFFFFFFFFFFFF (no permite el recibo de ningún paquete para cambiar las salidas.)
ID	0 - 0xFFFF	Ajusta la dirección PAN del módulo. Defecto = 0x3332
IR	0 - 0xFFFF  (x1 ms)	Ajusta la tasa de muestreo de los pines I/O. Defecto = 0.
IS	1 - 0xFF	Fuerza al módulo a leer todos sus pines I/O. Si AP=0, el resultado se retorna del siguiente modo:  - Número de Muestras. - Máscara de Canal. - Datos DIO. - Datos conversores ADC (se repite por cada conversor habilitado).
IT	1 - 0xFF	Número de muestras DIO y ADC que se deben esperar, antes de transmitir. Defecto = 1.
IO	8 bits	Ajusta los niveles de las salidas digitales. Cada bits representa el nivel de los pines I/O configurados como salida.
M0 - M1	0 - 0x03FF	Ajusta el ciclo de trabajo de la salida PWM0 y PWM1. Si Mn=0 (0% PWM), Mn=0x01FF (50% PWM) y si Mn=0x03FF (100% PWM). Defecto=0
MY	0 - 0xFFFF	Configura la dirección de 16 bits para el módulo. Si My=0xFFFF o 0xFFFE, se habilita el modo de direccionamiento de 64 bit. Defecto = 0.
NB	0 - 4	Ajusta la Paridad para la comunicación serial UART del módulo. Defecto =0 .  0 8 bit sin paridad o 7 bit con cualquier paridad.  1 8 bit even.  2 8 bit odd.  3 8 bit mark.  4 8 bit space.
ND	-	Reporta todos los dispositivos que se encuentren en el mismo canal y en la misma PAN que el módulo. El formato de respuesta es el siguiente cuando se encuentra en el modo Transparente.  - MY (dirección de 16 bit)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SH (Serial Number High)</li> <li>- SL (Serial Nmuber Low).</li> <li>- DB (Fuerza de la señal proveniente de este módulo)</li> </ul>
NI	String de 20 caracteres ASCII.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NI (Identificador del Nodo)</li> </ul> Define con un String el nodo o módulo.
P0 - P1	0 - 2	Configura el pin PWM0 y PWM1. Defecto P0 =1, Defecto P1=0.  0 Deshabilitado.  1 RSSI.  2 PWM habilitado.
RE		Restaura los valores de los parámetros a los valores por defecto que vienen de fábrica.
SM	0 - 6	Configura el modo de operación SLEEP. Defecto = 0.  0 Deshabilitado.  1 Pin de Hibernado.  2 Pin Doze.  3 (reservado)  4 Remoto Cyclic SLEEP.  5 Remoto Cyclic SLEEP (con pin Wake-up).  6 SLEEP Cordinador.
SL	0 - 0xFFFFFFFF	Entrega los 32 bit menos significativos del Número Serial del módulo
SH	0 - 0xFFFFFFFF	Entrega los 32 bit más significativos del Número Serial del módulo.
SP	1 - 0x68B0 (x10 ms)	Ajusta el tiempo de duración en que un módulo duerme o se mantiene en el modo SLEEP. Una vez terminado el período, busca por data entrante, si no hay nada vuelve a dormir y espera por un nuevo ciclo.
ST	1 - 0xFFFF (x1 ms)	Ajusta el tiempo de inactividad (datos ni recibidos ni enviados ya sea por RF o serial) antes de que el módulo ingrese al modo SLEEP. Defecto = 0x1388.
T0 - T7	0 - 0xFF (x100 ms)	Tiempo de espera de apagado para los Cables Virtuales. Si luego de este tiempo no hay cambios en alguna salida I/O, éstas cambian a su valor por defecto. Defecto = 0xFF.
IU	0 - 1	Habilita o no la salida I/O UART  0 Deshabilitado. Paquetes RF recibidos no serán enviados por

		UART.
VL	--	1 Habilitado. Paquetes RF recibidos serán enviados por UART.
VR	0 - 0xFFFF	Entrega la versión del Firmware de forma Verbal. La respuesta entrega fecha de compilación de la aplicación, MAC, PHY y versión del bootloader y sus fechas de compilación.
WR	--	Guarda en la memoria no-volátil del módulo, todos los valores de los parámetros.

Tabla 2-5.- Resumen de comandos AT más usados.<sup>49</sup>

### 2.2.2.3 Configuración del módulo Xbee

La configuración del módulo XBEE, se centra en tres aspectos:

- El direccionamiento
- La red
- El canal de transmisión

#### a) *El direccionamiento*

Los módulos permiten direccionamiento de 16 bit y de 64 bits. La principal diferencia es que en la de 64 bit, es posible obtener una mayor cantidad de direcciones y por lo tanto, una mayor cantidad de nodos o equipos funcionando en la misma red.

Es este caso se utilizará el direccionamiento de 16 bits, que permite 65534 direcciones diferentes.

Para la configuración de la dirección de origen se hace uso del comando MY, que permite entre 0x0 y 0xFFFFD ya que la dirección 0xFFFFE y 0xFFFF sirve

<sup>49</sup> Fuente: XBEE Guia de Usuario, elaborado por MCI electronics, [www.olimex.cl](http://www.olimex.cl)

para habilitar la dirección de 64-bit, por lo que si se desea utilizar direccionamiento de 16 bits, estos valores no deben ser usados.

$$MY = 0x0 - 0xFFFFD$$

De la misma manera para definir la dirección destino se utiliza el comando DL con las mismas restricciones. En este se utilizara una dirección de broadcast

$$DL=0x0000FFFF$$

*b) La Red PAN*

En base al direccionamiento y la aplicación en que el módulo XBEE trabajara, se opta por configurar una red de broadcast. Esta configuración permite el envío de información desde un nodo a varios nodos en una misma red. Para lo cual es necesario configurar un mismo identificador de red en los módulos que intervienen en el sistema.

Para configurar este identificador de red se hace uso del comando ID, que permite ingresar valores en el rango de 0x0000 hasta 0xFFFFE, ya que si se ingresa el valor 0xFFFF se realiza un broadcast a todas las redes PAN.

$$ID= 0X0010$$

*c) El canal de transmisión*

Según el protocolo IEEE 802.15.4. se dispone de 16 canales. Esta norma indica que entre cada canal, deben existir 5 MHz de diferencia, partiendo de la frecuencia base 2.405 GHz, se llegan hasta los 2.480 GHz.

A los módulos XBEE permiten la asignación de canales desde el 11 hasta el 26, para lo cual se hace uso del comando CH. Así para cambiar de canal se utiliza el comando CH con el número de canal en formato hexadecimal. Es decir, si se desea ocupar el canal 15 (0x10), se ingresa ATCH10.

Para calcular la frecuencia central de cada canal se utiliza la siguiente formula:

$$canal = 2.405 + (CH - 11)(0.005)Ghz$$

Asignando los valores de CH en decimal tenemos los siguientes canales, con sus respectivas frecuencias centrales.

CANAL	HEXADECIMAL	FRECUENCIA CENTRAL [Ghz]
11	0x0B	2,4050
12	0x0C	2,4100
13	0x0D	2,4150
14	0x0E	2,4200
15	0x0F	2,4250
16	0x10	2,4300
17	0x11	2,4350
18	0x12	2,4400
19	0x13	2,4450
20	0x14	2,4500
21	0x15	2,4550
22	0x16	2,4600
23	0x17	2,4650
24	0x18	2,4700
25	0x19	2,4750
26	0x1A	2,4800

Tabla 2-6.- Canales de frecuencia y su respectiva frecuencia central en Ghz.

En base a estos tres aspectos de configuración se concluye que cada módulo Xbee debe tener el mismo identificador de red PAN (ID), el mismo canal de transmisión (CH), la misma dirección de destino (DL) es decir la dirección de broadcast (0x0000FFFF) y diferentes direcciones de origen (MY).

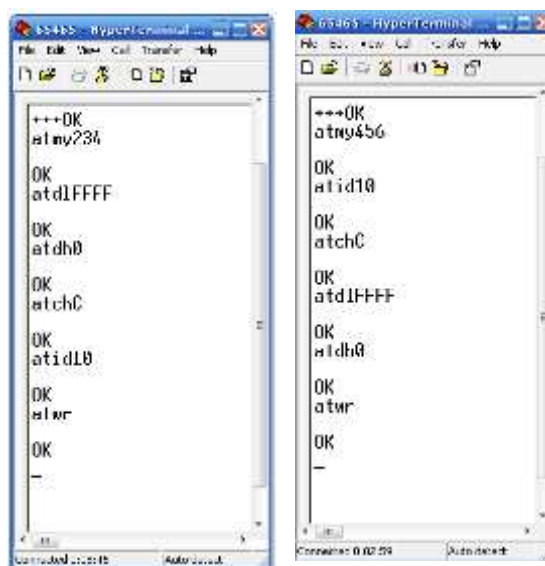


Figura 2-41.- Configuración de dos módulos XBEE para una red broadcast. (Fuente Propia)

## **CAPITULO III**

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN (PRUEBAS DE OPERACIÓN)**

En el presente capitulo se da a conocer las diferentes pruebas de hardware y software a las que fue sometido el sistema de alarma comunitaria, con la finalidad de comprobar el funcionamiento para el que fue diseñado; para lo cual se construyó cuatro SCA-XBEE que fueron distribuidos en una zona residencial formando la red básica del sistema.

### 3.1 PRUEBAS DE HARDWARE

#### 3.1.1 PRUEBAS DE VOLTAJE APLICADO A LOS DISPOSITIVOS

La finalidad de esta prueba, es descartar problemas de alimentación de los componentes electrónicos y así evitar perder componentes por sobre voltajes en sus pines de alimentación. Para lo cual se tomo lectura en los dispositivos de mayor riesgo e importancia del SCA-XBEE.

DISPOSITIVO	PATILLA [PIN #]	VOLTAJE DC
Fuente 12 v	IN	12V
LM7812	3	11.91V
LM7805	3	4.91V
LM317	2	3.24V
PIC 16F887	11, 32	4.91V
PIC 16F887	12, 31	0.00V
XBEE	1	3.24V
XBEE	10	0.00V
TERMINALES DESACTIVADAS	T1 - T8	0.00V
TERMINALES ACTIVAS	T1 - T8	4.91V
TERMINAL OUT 12V	T10	11.91V
TERMINAL OUT 5V	T11	4.9V
TERMINAL OUT GND	T9	0.00V

Tabla 3-1.- Tabla de voltajes medidos en 1 SCA-XBEE, (error de  $\pm 8\%$ )



El rango de operación del microcontrolador PIC 16F887 va desde 2.0V hasta 5.5V configurado para usar oscilador interno de 8Mhz. El módulo XBEE necesita un suministro de voltaje desde 2.8V hasta 3.4V. El display LCD necesita voltajes de alimentación comprendidos entre 3v y 5V; y los sensores de seguridad requieren voltajes comprendidos entre los 8V y 12V.

En base a los voltajes requeridos por los dispositivos y los voltajes suministrados, se establece que los elementos se encuentran correctamente polarizados y que su funcionamiento debe ser normal.

### **3.1.2 PRUEBA DE CONSUMO DE ENERGÍA**

El objetivo de esta prueba es demostrar la duración de la batería interna en condiciones normales y en condiciones de alerta; como también el tiempo necesario para ser recargada.

La mayor parte del tiempo el SCA-XBEE se encuentra en estado de reposo, con el back Light del display LCD desactivada y alimentando a los sensores conectados al módulo; por lo cual se midió la duración de la batería en este estado. De forma similar, se efectuó otra prueba simulando un estado de alerta en el cual se visualiza un mensaje de alerta en el display LCD y se envían mensajes hacia otros dispositivos.

Estado del módulo alarma	Sensores	Duración de batería
Estado de reposo (Desactivado o Activado)	2	10 horas $\pm$ 5%
	0	13 horas $\pm$ 10%
Estado de alerta	2	Horas $\pm$ 5%
	0	Horas $\pm$ 10%
Tiempo de recarga	--	6 Horas $\pm$ 5%

Tabla 3-2.- Duración de batería medida en un módulo alarma.

En base a los resultados obtenidos con esta prueba podemos determinar que el tiempo de operación del dispositivo con una batería al 100% se extiende hasta 10 horas, debido a que los sensores son alimentados independientemente del estado en el que se encuentre la alarma. Sin embargo cuando se encuentra constantemente emitiendo mensajes de alerta el tiempo de duración de la batería se reduce a casi 9 horas. De igual manera una vez descargada la batería se la somete a un estado de recarga, el cual dura alrededor de 5 horas para tener el nivel de voltaje que se necesita que son de 12 voltios.

### 3.1.3 PRUEBA DE ALCANCE

Esta prueba demostrará el radio de acción del sistema de alarma comunitaria, lo que ayudará a establecer la distancia máxima entre cada módulo, tanto en zonas con construcciones altas como en zonas semi-despejadas.

Para realizar esta prueba se hace uso del software X-CTU como describe el apartado 2.2.2.1; en el cual se puntualiza como una característica del mismo la

posibilidad de realizar pruebas de alcance de la señal obteniendo un nivel de RSSI<sup>50</sup> y un porcentaje de datos errados; y se hace uso además de un módulo Xbee pro conectado al computador como se demuestra en la Figura 2-40.

Básicamente la prueba de alcance que realiza el software X-CTU, se basa en enviar una trama de datos que en el receptor debe ser re enviada mediante un bucle, es decir puentando RX con TX en el módulo XBEE receptor. La información se representa como se muestra en la Figura 3-1.

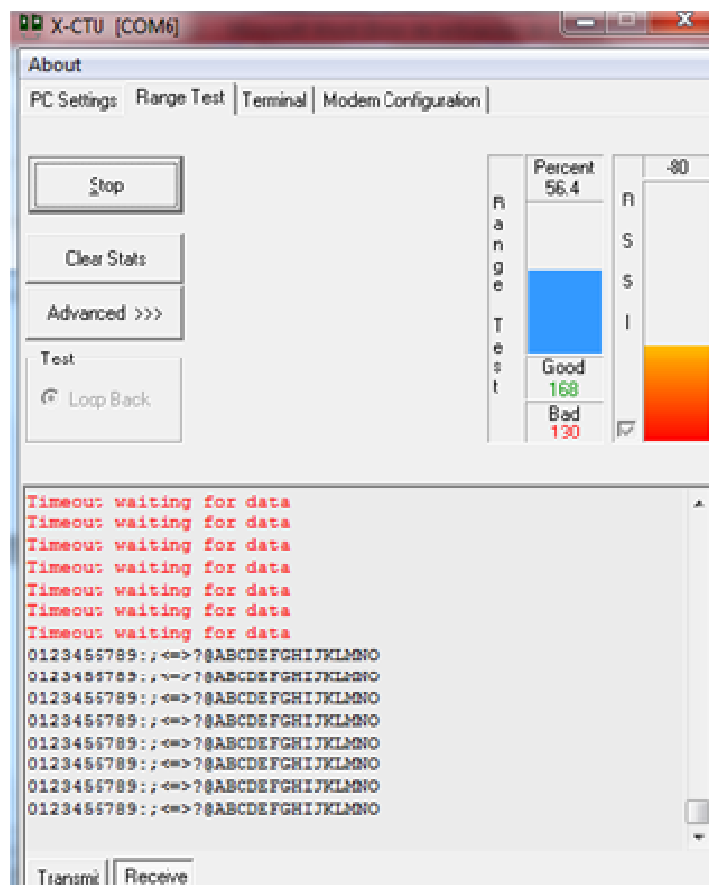


Figura 3-1.- Prueba de alcance con X-CTU.  
(Fuente Propia)

<sup>50</sup> Intensidad de la señal en recepción

### 3.1.3.1 Primer caso (Zonas de construcciones altas)

Para el primer caso se instaló un módulo alarma en un domicilio de dos pisos de construcción rodeado por inmuebles de tres pisos por el lado sur y este del mismo.

Se tomo en cuenta además la posición del módulo Xbee, es decir se realizo pruebas con el dispositivo dentro del módulo alarma como también colocado fuera del inmueble.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Posición del módulo Xbee	Alcance máximo			
	Norte	Sur	Este	Oeste
Xbee dentro del módulo alarma	Alcance=150m RSSI=-89dbm Señal=44.91%	Alcance=100m RSSI=-93dbm Señal=34.19%	Alcance=90m RSSI=-95dbm Señal=14.19%	Alcance=70m RSSI=-93dbm Señal=54.27%
Xbee fuera del módulo alarma	Alcance=250m RSSI=-98dbm Señal=18.91%	Alcance=200m RSSI=-93dbm Señal=24.6%	Alcance=300m RSSI=-98dbm Señal=49.7%	Alcance=200m RSSI=-87dbm Señal=60.7%

Tabla 3-3.- Tabla de resultados de prueba de alcance en zonas de construcciones altas

### 3.1.3.2 Segundo caso (Zonas semi-despejadas)

Para el segundo caso se instaló un módulo alarma en un domicilio de un solo piso de construcción rodeado por inmuebles de las mismas características; y se procedió a realizar las mismas pruebas que en el apartado anterior .Obteniendo los siguientes resultados:

Posición del módulo Xbee	Alcance máximo efectivo			
	Norte	Sur	Este	Oeste
Xbee dentro del módulo alarma	Alcance=100m RSSI=-78dbm Señal=54.91%	Alcance=120m RSSI=-80dbm Señal=44.1%	Alcance=100m RSSI=-59dbm Señal=25.7%	Alcance=150m RSSI=-70dbm Señal=32.8%
Xbee fuera del módulo alarma	Alcance=500m RSSI=-98dbm Señal=18.91%	Alcance=250m RSSI=-85dbm Señal=48.91%	Alcance=400m RSSI=-80dbm Señal=22.73%	Alcance=300m RSSI=-78dbm Señal=20.91%

Tabla 3-4.- Tabla de resultados de prueba de alcance en zonas de construcciones bajas

En base a los resultados obtenidos en estas pruebas podemos determinar que la distancia efectiva entre cada módulo alarma no debe sobrepasar los 200 metros en zonas con construcciones que obstaculicen la radiación de la señal, siempre y cuando el módulo XBee sea instalado fuera del inmueble; de igual forma se pudo detectar que para tener una mejor comunicación es necesario tener línea de vista entre ellos.

En el caso de instalarse el módulo Xbee dentro del inmueble o dentro del SCA-XBEE, la distancia máxima entre cada uno debe ser menor a 50 metros, lo cual garantiza realizar una comunicación eficaz entre inmuebles contiguos.

## 3.2 PRUEBAS DE SOFTWARE

### 3.2.1 PRUEBA DE RETENCIÓN DE DATOS EN MEMORIA EEPROM

La finalidad de esta prueba es comprobar la retención de datos en la memoria EEPROM sin que estos sean borrados o remplazados en circunstancias de reinicio. Para lo cual se procedió a configurar los parámetros como la dirección

del domicilio, nombre de la familia, una clave de acceso y los terminales a usarse; con los siguientes datos:

<b>Nombre de familia</b>	ENRIQUEZ_DE_LA_TORRE
<b>Dirección</b>	AV_JAIME_ROLDOS_12_123_Y_VACA_FLORES
<b>Clave de Acceso</b>	1234
<b>Terminales a usarse</b>	1,2,3,4,5,6,7,8

Tabla 3-5.- Datos configurados en un SCA-XBEE (pruebas de operación)

Como se describe en los puntos 2.3.1.3 desde el literal h hasta el literal k, se prevé la introducción de cuarenta caracteres tanto para el parámetro de dirección como para el de familia. El código clave necesita cuatro caracteres y la configuración de los terminales requiere un carácter.

Los resultados obtenidos han sido comprobados con la opción de configuración actual en cada parámetro, los cuales se muestran a continuación:



Figura 3-2.- Nombre de familia configurada.  
(Fuente Propia)

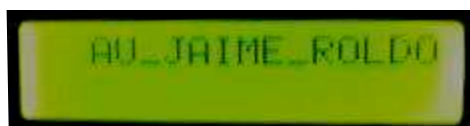


Figura 3-3.- Dirección configurada  
(Fuente Propia)



**Figura 3-4.-** Clave Configurada  
(Fuente Propia)

### 3.2.2 PRUEBA DE RECEPCION Y TRASMISIÓN DE DATOS

El propósito de esta prueba es comprobar la comunicación entre los SCA-XBEE como también la distribución del mensaje en todo el sistema. Para lo cual se configuró los SCA-XBEE con los datos presentados en la

**Tabla 3-6**, y se procedió a la activación de un sensor de movimiento para dar origen a la alerta.

En base a los datos obtenidos con la prueba expuesta en el literal 3.1.3 , se realizó la distribución de los SCA-XBEE en la zona de aplicación como se muestra en la Figura 3-5, que describe la altura de las construcciones existentes en el área.

Módulo	Familia	Dirección	Calve	Terminales
1	UPC_AZAYA	ISLA_SANTA_ISABEL	1234	1234
2	CASTILLO_CARANQUI	RIOBAMBA_6_12_E_ISLA_FERNANDINA	1981	1234
3	HERNANDEZ	ISLA_FERNANDINA_11_35_Y_RIOBAMBA	2468	1234
4	CARANQUI_NAZATE	ISLA_SANTA_ISABEL_5_35_Y_RIOBAMBA	4545	1234

**Tabla 3-6.-** Configuración de parámetros en los SCA-XBEE.

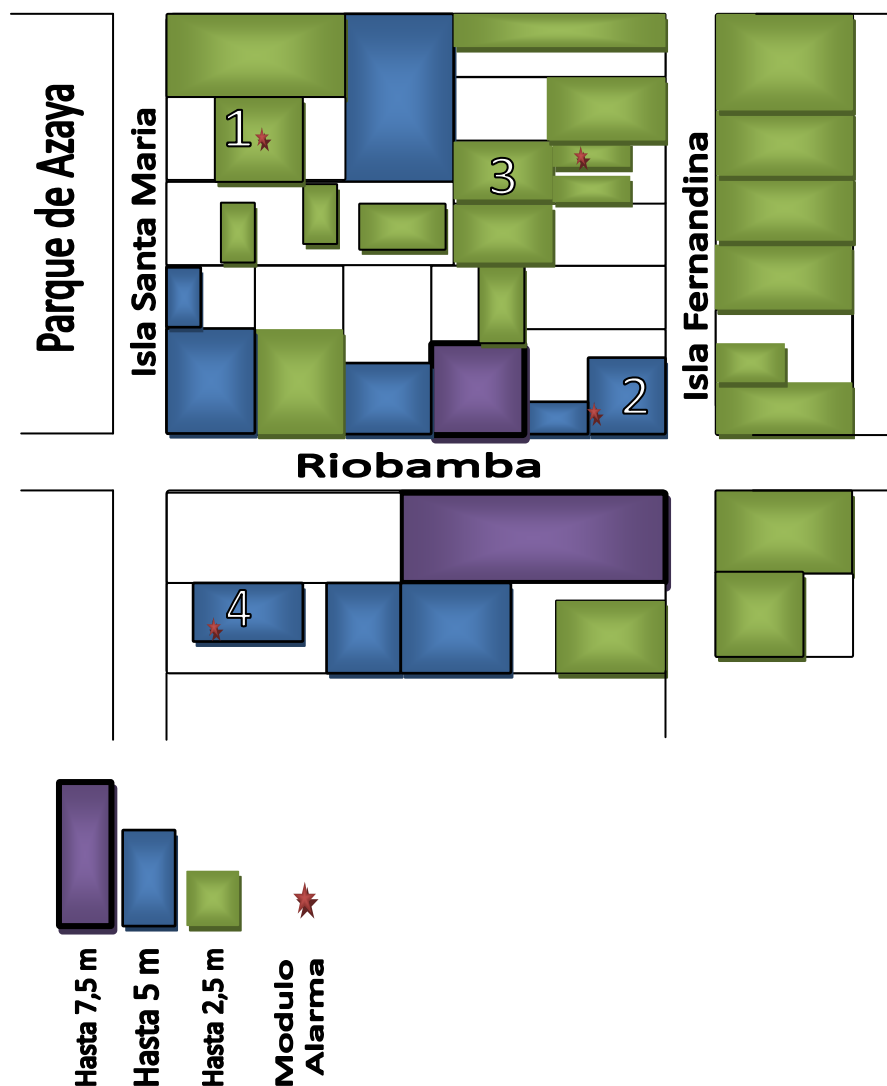


Figura 3-5.- Distribución de SCA-XBEE en la zona de aplicación (Fuente Propia)

Al emitir un estado de alerta originado en el módulo dos perteneciente a la familia CASTILLO CARANQUI que habitan en el domicilio ubicado en la calle RIOBAMBA 6 12 E ISLA FERNANDINA, se pudo observar el tiempo que tarda en llegar el mensaje de alerta a los otros dispositivos, dando origen a la alerta comunitaria.

El procedimiento de la comunicación inicia con el envío de los datos desde el micro controlador hacia el módulo de comunicación inalámbrica XBee, esto se lo realiza mediante comunicación serial a una velocidad de 9600 bps. Estos datos son receptados por el módulo XBee y encapsulados en una trama 802.15.4 (ver apartado 171.2.6.2 literal a) con una dirección de tipo broadcast.



En este momento se inicia el censado del canal mediante CSMA/CA para evitar colisiones en la transmisión, una vez determinado un STG para la transmisión se inicia con la modulación de los datos mediante un método DSSS que es QPSK, para tener menor densidad espectral y usar todo el ancho de banda del canal configurado.

Una vez que los datos han sido modulados son entregados hacia la capa física, en la cual se establece como medio de comunicación el aire, mediante ondas electromagnéticas a frecuencias dentro de la banda de 2,4Ghz bajo norma 802.15.4 la cual asigna 16 canales para la transmisión de estas redes de sensores. (ver figura 1-8).

Debido a que los mensajes son de tipo broadcast, todos los dispositivos Xbee que se encuentran en el área de cobertura y que mantienen la misma configuración de canal e identificador de red, reciben los mensajes y extraen la información, para luego ser entregada de forma serial al micro controlador.

Módulo	FAMILIA	DIRECCIÓN	TIEMPO [S]
1	UPC_AZAYA	ISLA_SANTA_ISABEL	10 ± 4%
3	HERNANDEZ	ISLA_FERNANDINA_11_35_Y_RIOBAMBA	10 ± 4%
4	CARANQUI_NAZATE	ISLA_SANTA_ISABEL_5_35_Y_RIOBAMBA	50 ± 10%

Tabla 3-7.- Tabla de resultados de prueba de recepción y transmisión de datos

En la **Tabla 3-7** se puede observar el tiempo que tarda en distribuirse el mensaje hacia otros dispositivos, como es el caso del módulo 3, el cual luego de 50 segundos de haber sido activado el sensor, recibió el mensaje de alerta.

Esto se debe a que el módulo en el cual se originó la alerta envía el mensaje luego de 30 segundos de haberse activado un sensor, lo cual da al usuario la posibilidad de desactivar la alarma en caso de un accionamiento accidental.

En el caso del módulo 4, este recibió el mensaje que fue retransmitido por el módulo 1, ya que no tiene contacto directo con el módulo 2 donde se originó la alerta. Este retardo se debe a que cada módulo espera tener una correcta lectura del mensaje antes de reenviar, proceso que se lo realiza mediante la captura del mensaje a cuatro tiempos.

## **CAPITULO IV**

# **COSTOS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA CON TEGNOLOGIA ZIGBEE**

En esta sección se da a conocer el costo referencial de la construcción e implementación del sistema de alerta comunitaria que está formado por cuatro SCA-XBEE distribuidos en una zona residencial constituyendo la red básica del sistema. Además se presenta una comparación con un sistema de alarma comunitaria de tecnología GSM instalada en una zona aledaña al sector a implementar. Y se finaliza con un plan de contingencia que se debería seguir al producirse una alerta comunitaria.

#### 4.1 CALCULO DEL COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO SCA-XBEE.

A continuación se presenta un desglose de los elementos necesarios en la construcción de un dispositivo SCA-XBEE y de los accesorios mínimos con los que opera; cada uno con su respectivo costo en el mercado.

Descripción	Cantidad	Precio unitario [USD]	Precio total [USD]
Microcontrolador PIC16F887	1	8,50	8,50
Sensores (PIR-M o Magnético)	2	15,00	30,00
Módulo XBEE-PRO	1	73,00	73,00
Batería recargable de 12v/1,3 <sup>a</sup>	1	15,00	15,00
Pantalla LCD 16x2 con back Light	1	8,00	8,00
Teclado Matricial 4x4	1	8,75	8,75
Placa de cobre ruteada	1	4,00	4,00
Regulador de Voltaje LM7805	1	0,65	0,65
Regulador de Voltaje LM7812	1	0,65	0,65
Reguladores de voltaje LM317	1	0,95	0,95
Capacitares	4	0,15	0,60
Resistencias	15	0,03	0,45
Paquete de resistencias	1	1,00	1,00
Diodo zener 12v	1	0,15	0,15
Diodo 1N4004	2	0,15	0,30

<b>Rele 5v</b>	1	1,00	1,00
<b>Buzzer 5v</b>	1	0,65	0,65
<b>Transistor NPN 3904</b>	1	0,35	0,35
<b>Espadines</b>	1	1,00	1,00
<b>Borneras de 2 pines</b>	2	0,75	1,50
<b>Borneras de 3 pines</b>	3	0,95	2,85
<b>Potenciómetro 5k</b>	1	1,00	1,00
<b>Zócalos para módulo Xbee</b>	4	1,00	4,00
<b>Zócalo de 40 pines</b>	1	0,65	0,65
<b>Conectores DB9 macho</b>	2	0,50	1,00
<b>Conectores DB9 hembra</b>	2	0,50	1,00
<b>Caja plástica #17</b>	1	15,00	15,00
<b>Caja plástica #8</b>	1	3,50	3,50
<b>Conector de fuente</b>	1	1,00	1,00
<b>Interruptor 2 posiciones</b>	1	1,00	1,00
<b>Metro de estaño</b>	1	1,00	1,00
<b>Cinta adhesiva doble faz</b>	0,3	3,00	0,90
<b>Cable telefónico de 4 hilos / metro</b>	5	0,38	1,90
<b>Pulsador normalmente cerrado</b>	1	0,45	0,45
<b>Adaptador AC/DC</b>	1	5,00	5,00
<b>Instalación y mano de obra</b>	1	20,00	20,00
<b>Total</b>			<b>216,75</b>

Tabla 4-1.- Costos de construcción de un dispositivo SCA-XBEE

El costo aproximado para la construcción de un dispositivo SCA-XBEE es de 216,75 dólares (véase en la Tabla 4-1); sin embargo al producirse este dispositivo en serie, este costo reduciría en un 10% a 15%.

El sistema de prueba implementado, como se puntualizó anteriormente, está constituido por cuatro dispositivos SCA-XBEE, por esta cantidad de módulos creados se pudo obtener una reducción del 5% en su costo de implementación; por lo que el costo real de este sistema es de 823,65 dólares. A este presupuesto se le suma los costos de diseño de red (5%) y de diseño del software que controla cada SCA-XBEE (10%).

Descripción	Cantidad	Precio unitario [USD]	Precio total [USD]
SCA-XBEE	4	205,91	823,65
Diseño de red	1	41,18	41,18
Diseño del software controlador	1	82,37	82,37
<b>Total</b>			<b>947,20 USD</b>

Tabla 4-2.- Costo total de implementación del sistema SCA-XBEE

## 4.2 SISTEMA SCA-XBEE FRENTE AL SISTEMA GSM.

### 4.2.1 DISEÑO

En el barrio Azaya existe una alarma comunitaria implementada en la zona norte del mismo, esta alarma funciona con tecnología GSM haciendo uso de la infraestructura de las operadoras existentes. Además posee una central ubicada en el UPC del barrio.

El funcionamiento de esta alarma es mediante el uso de teléfonos móviles cuyos números de línea están registrados en un software que maneja un computador en la central. Para iniciar la alerta comunitaria es necesario realizar una llamada o enviar un mensaje a la central, la cual verifica el número de línea e indica a los policías el lugar de procedencia de la alerta; a su vez envía un mensaje de texto a los miembros del sistema de alerta comunitario.

A diferencia del anterior, el sistema propuesto se basa en módulos alarma llamados SCA-XBEE, los cuales brindan seguridad a cada inmueble perteneciente al sistema, mediante el uso de sensores u otros dispositivos de seguridad.

Además el SCA-XBEE trabaja bajo el protocolo IEEE 802.15.4 que permite el uso de frecuencias no licenciadas para el envío de información.

El SCA-XBEE desata una alerta comunitaria cuando un sensor es activado, enviando mensajes hacia otros dispositivos SCA-XBEE que estén dentro de la zona de cobertura indicando la ubicación del inmueble donde se origina la alerta y que familia habita en dicha propiedad.

## 4.2.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN.

### 4.2.2.1 Costos de Implementación.

El sistema de alarma comunitaria GSM anteriormente descrito requiere de los siguientes elementos para brindar seguridad a cuatro clientes.

Descripción	Cantidad	Precio unitario [USD]	Precio total [USD]
Base GSM	1	200,00	200,00
Computador	1	500,00	500,00
Teléfono Móvil	4	45,00	180,00
Chip en operadora móvil	5	3,00	15,00
Software de control	1	500,00	500,00
<b>Total</b>			1.395,00

Tabla 4-3 .- Costos de implementación del sistema GSM

Por otra parte, para la implementación del sistema SCA-XBEE que brinda seguridad a 4 inmuebles, es necesario **947,20** dólares. (Ver **Tabla 4-2**)

Por lo que los costos de implementación de los dos sistemas expuestos son:

COSTO DE IMPLEMENTACION PARA CUATRO USUARIOS	
SISTEMA GSM	SISTEMA SCA-XBEE
1.395,00 [USD]	947,20 [USD]

Tabla 4-4 .- Comparación de costos de implementación entre GSM y SCA-XBEE

#### 4.2.2.2 Costos de Operación.

El sistema de alarma comunitaria GSM requiere hacer uso de la infraestructura de las operadoras móviles del país, para lo cual es necesario tener saldo vigente tanto en la base GSM como en los teléfonos móviles de los usuarios, significando esto un costo mínimo de 6 dólares mensuales por cada SIM card.

Para mantener un constante servicio, el sistema GSM requiere que el computador ubicado en el UPC del barrio se mantenga encendido las 24 horas del día, que significa un consumo de 300wh, a un precio de 0.081 dólares el Kwh, resulta un costo de 17,50 dólares mensuales.

Por lo tanto, el sistema GSM en un año requiere los siguientes costos de operación para su funcionamiento.

COSTOS DE OPERACIÓN DE CUATRO USUARIOS CON SISTEMA GSM EN UN AÑO			
Descripción	Cantidad	Costo Mensual [USD]	Costo Anual [USD]
Saldo para chip de la base GSM	1	6,00	72,00
Saldo para chip de usuario	4	6,00	288,00
Consumo eléctrico	1	17,50	209,95
<b>Total</b>			<b>569,95</b>

Tabla 4-5.- Costos de operación de cuatro usuarios con sistema GSM en un año



El SCA-XBEE al manejar la tecnología ZIGBEE, utiliza un espacio del espectro electromagnético<sup>51</sup> en el cual no es necesario pagar un rubro para su utilización. Por lo que el único costo de operación al que esta sujeto este sistema es al consumo eléctrico, que también es mínimo, debido a su diseño electrónico el consumo eléctrico bordea lo nueve watos por hora.

Por lo tanto, el sistema SCA-XBEE en un año requiere los siguientes costos de operación para su funcionamiento.

<b>COSTO DE OPERACIÓN DE CUATRO USUARIOS CON SISTEMA SCA-XBEE EN UN AÑO</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Mensual [USD]</b>	<b>Costo Anual [USD]</b>
Consumo Eléctrico	4	0,52	25,19424
<b>Total</b>			<b>25,19</b>

Tabla 4-6 .- Costo de operación de cuatro usuarios con sistema SCA-XBEE en un año

En la **Tabla 4-4**, podemos apreciar que el costo de implementación del sistema SCA-XBEE es menor frente al sistema GSM en dar servicio a cuatro usuarios, pero incrementar el número de beneficiarios el costo de implementación del SCA-XBEE siempre será mayor. Sin embargo, como se observa en la Tabla 4-5 y la Tabla 4-6, el costo de operación del sistema GSM siempre será mayor al sistema SCA-XBEE.

### 4.3 PLAN DE CONTINGENCIA

Para tener una mejor efectividad del sistema SCA-XBEE es necesario tener una estructura de organización y de responsabilidades de cada uno de los miembros del sistema de alerta comunitario.

<sup>51</sup> Distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas

### 4.3.1 ORGANIZACIÓN

Dentro de este plan de contingencia trataremos de tres tipos de responsabilidad de los miembros del sistema de alerta comunitario.

- **Afectado.**- Es la persona o grupo de personas que habitan el inmueble en el cual se genera la alarma.
- **Líder de cuadra.**- Son las personas a quienes se les asigna la tarea de verificar la autenticidad de la alerta producida, mediante la constatación visible o mediante llamadas telefónicas. Además tiene la responsabilidad de organizar a los escuchas de cada cuadra.
- **Escucha.**- Son personas miembros del sistema de alerta comunitario quienes una vez que reciben el mensaje de alerta tienen la obligación de salir armados (palos o mangueras) a cuidar las esquinas o rutas de escape de los delincuentes.

### 4.3.2 PROCEDIMIENTO

- **Primer paso**

Al momento de la instalación del sistema, estructurar la red inalámbrica con redundancia hacia el UPC del barrio, para lo cual es necesario integrar a más personas al sistema de alerta.

- **Segundo Paso**

Cada miembro del sistema tiene la obligación de manifestar al líder de cuadra si ve algo sospechoso en su sector para que con los líderes de esa cuadra se acerquen e investiguen y si amerita la situación disparar la alerta.

Por otro lado es necesario que cada miembro tenga encendido el SCA-XBEE, como también dejar activado el monitoreo de sensores en caso de salir del inmueble.

- **Tercer paso**

En el caso de producirse una alerta comunitaria los líderes de cuadra tienen la responsabilidad de organizar a los escuchas que pertenezcan a su cuadra y vigilar las rutas de escape de los delincuentes en base al lugar de origen de la alerta, como también guiar a los miembros de la policía hacia el sitio donde se encuentra el delincuente.

## **CAPITULO V**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

## 5.1 CONCLUSIONES

- ✿ El dispositivo creado (SCA-XBEE) brinda seguridad domiciliaria, y en conjunto permite la creación de un sistema de alarma comunitaria bajo el Estándar IEEE 802.15.4 comercialmente conocido como Zigbee que provee una solución a bajo costo, reducida complejidad y mínimo consumo de energía para redes con bajas tasas de transmisión en comunicaciones inalámbricas.
  
- ✿ Zigbee opera en la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz, misma que se encuentra saturada por la utilización de otros dispositivos inalámbricos; sin embargo, las aplicaciones desarrolladas bajo este Standard no requieren de una comunicación constante, por lo cual los 16 canales con los que cuenta son suficientes para comunicarse apropiadamente.
  
- ✿ Los módulos Xbee son dispositivos de radio frecuencia que trabajan con protocolo de comunicación 802.15.4 fabricados por maxstream. Estos módulos proveen una gama de utilidades que van desde una interfase serial hasta la adquisición y conversión de datos análogos conectados directamente en sus pines de comunicación.
  
- ✿ El SCA-XBEE está previsto de una batería de larga duración, la cual permite operar al sistema aun en casos de ausencia de energía eléctrica, durante un lapso máximo de 10 horas.

- 
- ✿ El SCA-XBEE posee una sencilla interfaz para la programación del dispositivo presentando opciones legibles y entendibles para el usuario, lo cual facilita la operación del mismo.
  
  - ✿ De las pruebas de operación y de las especificaciones del módulo XBEE Pro se establece que la distancia máxima entre cada SCA-XBEE para zonas residenciales de baja y mediana construcción es de 70 metros, con la opción de extender el área de cobertura colocando el módulo Xbee fuera del inmueble.
  
  - ✿ El SCA-XBEE es un sistema que brinda una fácil escalabilidad de usuarios permitiendo hasta un total de 65534 módulos SCA-XBEE por cada red con la opción de incrementar este número al manejar direccionamiento de 64 bits y hasta un total de 65534 diferentes identificadores de red.
  
  - ✿ Los SCA-XBEE mantienen una comunicación en capa aplicación, ya que los datos entregados de forma serial son encapsulados en una paquete RF que sigue las especificaciones de IEEE 802.15.4, las cuales son procesadas por el modulo XBEE.
  
  - ✿ Del plan de contingencia y de los resultados de las pruebas realizadas se puede establecer que el tiempo máximo de respuesta de la ciudadanía frente a un caso de emergencia debe tardar como máximo cinco minutos.

---

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✿ La red inalámbrica debe ser diseñada de tal forma que permita tener redundancia hacia sitios importantes como lo es el UPC del barrio, asegurando el envío y la retransmisión de mensajes así existan módulos que no estén en funcionamiento.
  
- ✿ Mantener encendido el SCA-XBEE y conectarlo mínimo cada dos horas al sistema eléctrico para mantener cargada la batería de respaldo y evitar falencias en el caso de alertas
  
- ✿ Configurar los parámetros del SCA-XBEE de forma precisa y clara, para que en el momento de que se produzca una emergencia, los mensajes puedan ser leídos y comprendidos por los miembros del sistema comunitario.
  
- ✿ Para un mejor y efectivo funcionamiento es necesario instalar sensores en lugares estratégicos que permitan dar una cobertura a sitios de mayor inseguridad.
  
- ✿ Es recomendable colocar los dispositivos de activación de alerta como los botones de pánico o similares en sitios estratégicos que no estén al alcance de los niños para evitar el accionamiento de una falsa alarma.
  
- ✿ Permitir que técnicos eléctricos o electrónicos sean quienes instalen el sistema SCA-XBEE para garantizar su funcionamiento.

- ✿ El SCA-XBEE puede integrarse a otros sistemas de alarma comunitaria como lo es el existente en el barrio Azaya, esto es posible con la integración de un discador telefónico el cual debe estar registrado como un usuario más del sistema de alarma GSM.
  
- ✿ Para un correcto funcionamiento del sistema es necesario realizar constantes mantenimientos y pruebas de comunicación entre los miembros del sistema para detectar falencias y corregirlas a tiempo.



---

## BIBLIOGRAFÍA

### SITIOS ELECTRÓNICOS

1. Adams, J. (04 de 2006). *El uso de redes inalámbricas ZigBee para desarrollar productos comerciales*. Recuperado el 19 de 02 de 2011, de <http://rtc magazine.com/articles/view/100656>
2. Carlos, V. R. (23 de 12 de 2010). *El Estándar Inalámbrico ZigBee*. Recuperado el 21 de 02 de 2011, de [seccperu.org/files/ZigBee.pdf](http://seccperu.org/files/ZigBee.pdf)
3. HASE.NL. (s.f.). *ZigBee, una descripción técnica de la tecnología inalámbrica*. Recuperado el 19 de 02 de 2011, de <http://zigbee.hasse.n>
4. Lobillo, R. (12 de 06 de 2009). *SISTEMA DE LOCALIZACIÓN MEDIANTE TECNOLOGÍA*. Recuperado el 23 de 12 de 2010, de [www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXIX/pdf/231.pdf](http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXIX/pdf/231.pdf)
5. MAXSTREAM. (2009). Recuperado el 24 de 11 de 2010, de [http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976\\_a.pdf](http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_a.pdf)
6. MAXSTREAM. (s.f.). *XBee & XBee-PRO OEM RF Module Antenna Considerations*. Recuperado el 18 de 01 de 2011, de [ftp1.digi.com/support/images/XST-AN019a\\_XBeeAntennas.pdf](http://ftp1.digi.com/support/images/XST-AN019a_XBeeAntennas.pdf)
7. Quintanar, V. J. (30 de 06 de 2010). *Desarrollo de una aplicación de monitoreo ambiental*. Recuperado el 13 de 02 de 2011, de [delta.cs.cinvestav.mx/~francisco/ssi/quintanar.pdf](http://delta.cs.cinvestav.mx/~francisco/ssi/quintanar.pdf)
8. WEBDESING. (2008). *John 's Especificaciones*. Recuperado el 19 de 02 de 2011, de [http://www.specifications.nl/zigbee/zigbee\\_UK.php](http://www.specifications.nl/zigbee/zigbee_UK.php)
9. ZigBee Alliance. (29 de 04 de 2008). Recuperado el 24 de 02 de 2011, de [www.zigbee.org/.../ZigBeeClusterLibraryDownload.aspx](http://www.zigbee.org/.../ZigBeeClusterLibraryDownload.aspx)
10. *ZigBee: ¿El nuevo competidor de Bluetooth?* . (s.f.). Recuperado el 19 de 02 de 2011, de <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/zigbee/zigbee.php>

**TESIS**

11. Constante Campaña, B. R. (12 de 2008). DSPACE ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Recuperado el 07 de 04 de 2011, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1083>
12. DÍAZ, E. S. (11 de 2007). Dspace Escuela Politecnica Nacional. Recuperado el 08 de 02 de 2010, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9905>
13. GORDÓN., D. I. (s.f.). Recuperado el 19 de 01 de 2011, de [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/206/4/Capitulo%203.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/206/4/Capitulo%203.pdf)

# ANEXOS

# ANEXO I

## MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE ALARMA COMPUTARIZADA

S C A - X B E E



MANUAL DE USUARIO

 ZigBee Alliance

**SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA**  
**S.C.A. - XBEE**  
**(SYSTEM OF COMMUNITY ALARM WITH XBEE)**



Figura 1 .- Portada SCA-XBEE

Este equipo ha sido diseñado para ser utilizado como sistema de alerta comunitario inalámbrico (sin cableado) entre locales comerciales, viviendas, departamentos, etc.

El sistema consta de módulos de comunicación inalámbricos para dar aviso de un evento (asalto, robo, pánico, emergencia, etc.) mediante el accionamiento de un pulsador oculto (botón de pánico) o de sensores conectados a la base alarma.

## 1 PARTES DEL SCA-XBEE

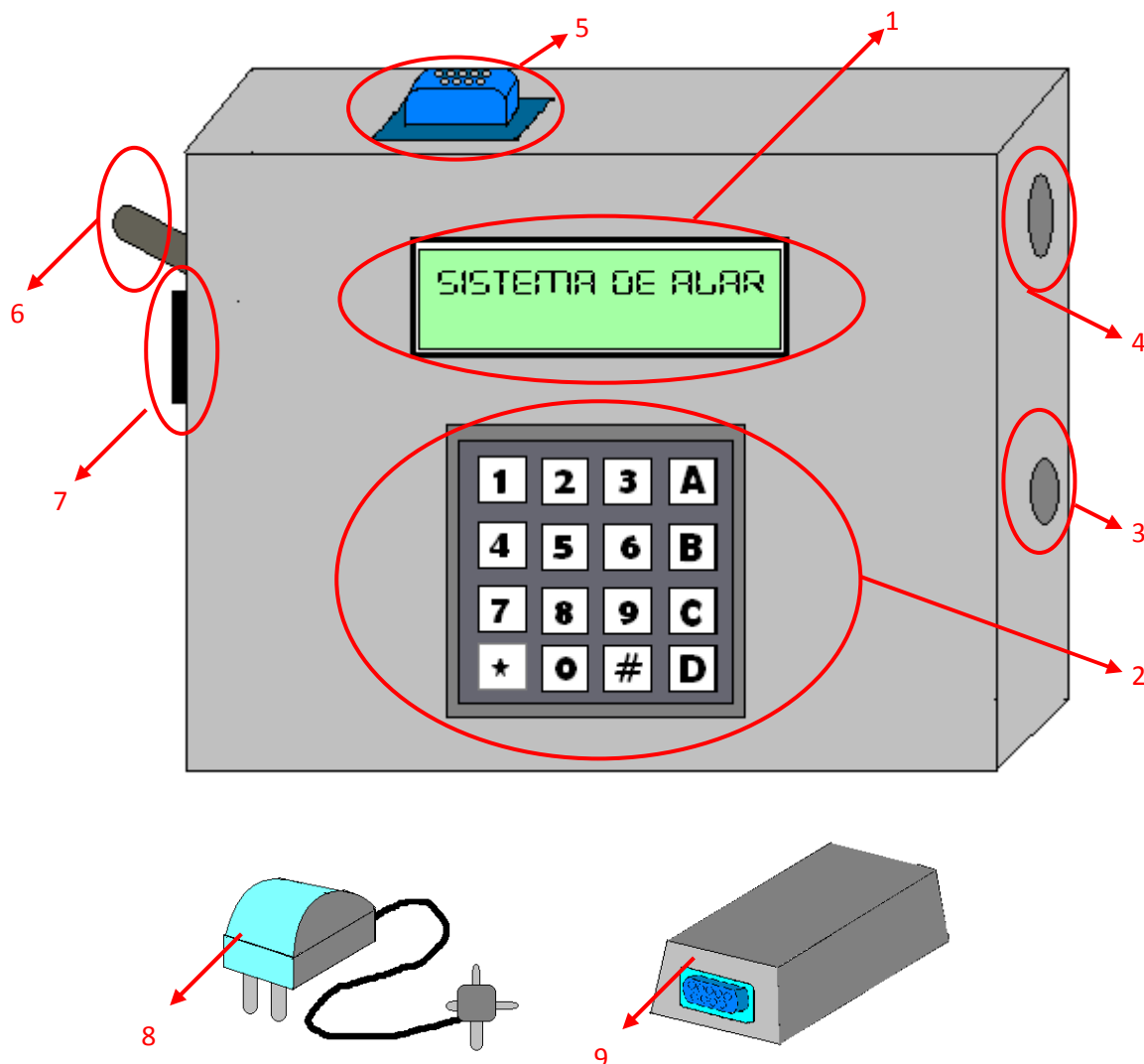


Figura 2.- Partes del SCA-XBEE

- |   |                                              |   |                                                  |
|---|----------------------------------------------|---|--------------------------------------------------|
| 1 | Pantalla LCD de 16 caracteres en dos líneas. | 6 | Interruptor de encendido y apagado               |
| 2 | Teclado matricial de 16 teclas               | 7 | Entrada de corriente directa con adaptador AC/DC |
| 3 | Ajuste de contraste de pantalla LCD          | 8 | Adaptador AC/DC de 15 v – 18v / 500mA            |
| 4 | Entrada de líneas para conexión de sensores  | 9 | Recamara para XBEE externo                       |
| 5 | Conector Db9 para módulo Xbee externo        |   |                                                  |

## 2 INSTALACIÓN

El gabinete del módulo viene provisto con un adhesivo para su fácil instalación sobre cualquier tipo de superficie. También tiene la posibilidad de ser amurado con tornillos.

### 2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

El módulo alarma esta diseñado para ser alimentado mediante un voltaje de 13v a 18v en corriente directa (DC) para su correcto funcionamiento, voltaje que es suministrado por el adaptador AC/DC.

Además posee una batería de respaldo en su interior la cual entra en funcionamiento en el momento que se deja de suministrar energía desde el adaptador AC/DC.

### 2.2 SENSORES EN TERMINALES

Para la conexión de sensores es necesario abrir el gabinete, para lo cual se desatornilla de la parte posterior. En el interior del SCA-XBEE en su parte superior posee 13 terminales distribuidos de la siguiente manera:

TERMINAL	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
T1 – T2 – T4 – T5– T6– T7	Conexión de Sensores	Sensores de funcionamiento mecánico normalmente cerrado (NC)
T3	Especial para botón de pánico	Botones de acción mecánica en normalmente cerrado (NC)
GND	Alimentación de sensores	Proporciona 0v
12V		Proporciona 12v
5V		Proporciona 5v
Sirena +	Accionamiento de otros dispositivos	Sirve de interruptor para el accionamiento de dispositivos externos por ejemplo sirenas
Sirena -		

Tabla 1.- Distribución y funcionamiento de terminales



Los sensores deben ser conectados entre el Terminal a elegir y el marcado con GND. Cada Terminal Tn funciona como un interruptor de mecanismo normalmente cerrado, es decir el sensor debe realizar la acción mecánica de abrir un circuito al detectar un intruso.

El modo de conexión es el siguiente:

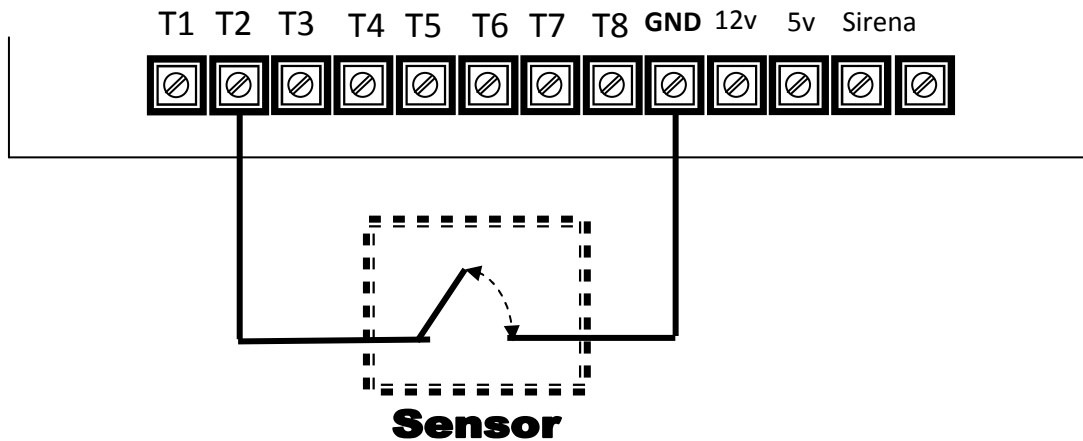
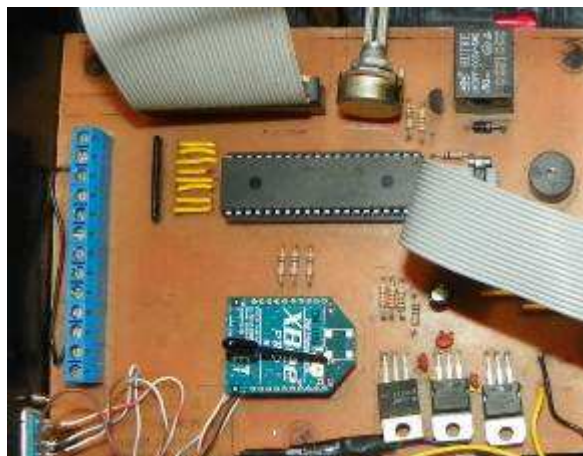


Figura 3.- Diagrama de conexión de sensores a los terminales

Los terminales de sirena están diseñados para activar otros dispositivos con fuentes de alimentación externas al módulo alarma; se puede activar dispositivos como luces, sirenas u otro dispositivo que necesite de un interruptor para accionarse.

### 2.3 MÓDULO XBEE INTERNO

El SCA-XBEE tiene en su interior un zócalo para la colocación del módulo XBee de forma interna, lo cual permite la comunicación entre SCA-XBEE a menor alcance, ideal para la colocación del sistema en casas continuas como en complejos habitacionales.



## 2.4 MÓDULO XBEE EXTERNO

El SCA-XBEE viene provisto de una recámara para la colocación del módulo XBee de manera externa con el objetivo de lograr mayor alcance en el área de cobertura. Hay que tomar en cuenta la posición del dispositivo, la cual debe permitir tener una línea de vista para garantizar la entrega de mensajes desde un emisor a un receptor.



## 3 CONFIGURACIÓN

El SCA-XBEE posee un menú principal el cual permite la activación, desactivación y configuración del mismo. Para ingresar al menú de configuración es necesario encontrarse dentro del menú principal y luego pasar al menú de configuraciones.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Presionar cualquier tecla para ingresar al menú principal.



Figura 4.- Menú principal

- Presione el número 3 para acceder al menú de configuración.
- Ingrese la clave de acceso configurada, (2907 por defecto).



Figura 5.- Validación de clave

Una vez dentro del menú de configuración tenemos las siguientes opciones:

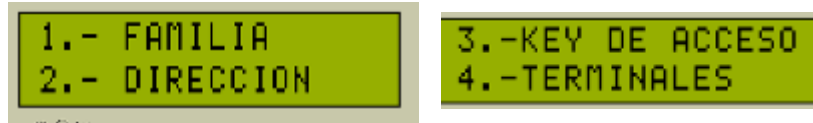


Figura 6.- Menú de configuraciones

1.- FAMILIA.

3.- KEY DE ACCESO.

2.- DIRECCION.

4.- TERMINALES.

### 3.1 CONFIGURAR NOMBRE DE FAMILIA

Es necesario encontrarse en el menú de configuración, y seleccionar la opción uno que dice "FAMILIA" mediante la pulsación de la tecla "1". Aparecerá un menú que permite escoger entre ver la configuración actual (opción 1), cambiar la configuración actual (opción 2) o salir de este menú (opción 3).



Figura 7.- Menú de opciones de configuración de parámetros

El nombre de familia es un parámetro que permite el ingreso de 40 caracteres comprendidos entre la letra A hasta la letra Z, sin espacios entre palabras para lo cual se añade un carácter especial "\_". Cada carácter es escogido mediante el uso de las cuatro teclas derechas del teclado (A, B, C, D) las cuales realizan las siguientes funciones.

LA	TEC	DESCRIPCIÓN
	A	Muestra la anterior letra del alfabeto en la misma posición.
	B	Muestra la siguiente letra del alfabeto en la misma posición.
	C	Acepta la letra mostrada como parte del texto a ingresar y adelanta un espacio.
	D	Termina la introducción de caracteres y se procede a guardar en la memoria del SCA-XBEE.

Tabla 2.-Descripción del funcionamiento de las teclas de teclas para configuración.

### 3.2 CONFIGURAR DIRECCIÓN DEL INMUEBLE

De igual manera, es necesario encontrarse en el menú de configuración, y seleccionar la opción dos que dice “DIRECCION” mediante la pulsación de la tecla “2”; Aparecerá un menú que permite escoger entre ver la configuración actual (opción 1), cambiar la configuración actual (opción 2) o salir de este menú (opción 3).

La dirección es un parámetro que permite el ingreso de 40 caracteres comprendidos entre la letra A hasta la letra Z y números entre 0 y 9, sin espacios entre palabras para lo cual se añade un carácter especial “\_”. Cada carácter es escogido mediante el uso de las cuatro teclas derechas del teclado (A, B, C, D) que cumplen las mismas funciones que se describen en la Tabla.

### 3.3 CONFIGURAR CLAVE DE ACCESO

De la misma manera que en los anteriores casos, es necesario encontrarse en el menú de configuración, y seleccionar la opción tres que dice “KEY DE ACCESO” mediante la pulsación de la tecla “3”;

Aparecerá un menú que permite escoger entre ver la configuración actual (opción 1), cambiar la configuración actual (opción 2) o salir de este menú (opción 3).

La clave de acceso es un parámetro que permite el ingreso de 4 dígitos del teclado comprendidos entre el 0 y el 9.

### 3.4 CONFIGURAR TERMINALES ACTIVOS

Para ver o cambiar la configuración de los terminales a usarse de la misma manera es necesario encontrarse en el menú de configuración y seleccionar la opción cuatro que dice "TERMINALES" mediante la pulsación de la tecla "4". Aparecerá un menú que permite escoger entre ver la configuración actual (opción 1), cambiar la configuración actual (opción 2) o salir de este menú (opción 3).

La configuración de los terminales a usarse es muy sencilla, solamente se ingresa el número del terminal a usar; por ejemplo: si se usan los terminales T1, T3, T4, T5, en el modo de configuración de terminales se ingresan los números 1,3,4,5 y 0,0,0,0 indicando que no se usarán más terminales de los 8 dispuestos.



Figura 8.- Configuración de terminales

Si no se utiliza el terminal dedicado para botón de pánico (T3), se debe puentear con el Terminal GND para evitar el accionamiento indeseado de la alarma.

El Terminal T3, tiene una característica única que lo diferencian de los otros terminales, ya que, mediante este Terminal se puede activar el estado de alerta siendo que este en estado activado o desactivado.

## 4 MODOS DE FUNCIONAMIENTO

### 4.1 MODO DE ALARMA ACTIVADA

Para activar la alarma es necesario ingresar al menú principal y seleccionar la opción uno, que dice "ACTIVAR". Una vez dentro de esta opción el módulo tardará un tiempo de 45 segundos en iniciar el estado activo.



Figura 9.- Mensajes de activación de alarma

Cuando se encuentra en este estado, el módulo alarma se encuentra testeando el estado de los terminales previamente configurados como se indica en la sección 3.4. y además de ellos el terminal T3 que es el dedicado para botones de alerta.

### 4.2 MODO DE ALARMA DESACTIVADA

Para desactivar la alarma es necesario ingresar al menú principal y seleccionar la opción dos, que dice "DESACTIVAR". Una vez dentro de esta opción el módulo pedirá ingresar la clave de acceso y luego de validarla, desactivara la alarma sea que se encuentre en estado de alerta o no.

Cuando se encuentra en este estado, el módulo alarma no se encuentra testeando el estado de los terminales configurados, a excepción del terminal T3 que tiene la opción de activar la alerta en cualquier momento.

### 4.3 MODO DE ALERTA

Cuando un sensor conectado a los terminales del módulo alarma es activado, en ese momento se desencadena la activación la interfaz para otros dispositivos externos (relay), y luego de 15 segundos se inicia el envío de mensajes inalámbricos hacia otros dispositivos que se encuentren en el área. Estos 15 segundos están destinados para que se pueda desactivar la alarma en el caso de ser accionada accidentalmente y no permitir accionar a otros SCA-XBEE dentro de esa área de cobertura.

Los mensajes enviados están conformados por el nombre de familia y la dirección del inmueble donde se origino la alerta, mensajes que al ser escuchados por otros SCA-XBEE, mostraran la información en el display LCD y re-trasmitirán el mismo mensaje hacia otros dispositivos.

El módulo alarma puede entrar en estado de alerta en dos casos:

#### 4.3.1 ALERTA INTERNA

El primer caso es debido a la activación de un sensor conectado al mismo dispositivo, el cual origina la alerta comunitaria. Cuando se desencadena este estado, en el display LCD se visualizará un mensaje de alerta: "ALERTA SENSOR ACTIVADO"



Figura 10.- Mensaje de Alerta interna

#### 4.3.2 ALERTA EXTERNA

El segundo caso es debido a que llego un mensaje de otro SCA-XBEE, indicando que surgió una emergencia, en este momento el dispositivo inicia la captura de los datos y la visualiza en la pantalla LCD, indicando el nombre de familia y la dirección del lugar donde se origino la alerta.

Luego de visualizar esta información, el SCA-XBEE iniciará el re-envío de la misma información hacia otros dispositivos que se encuentren en su rango de alcance

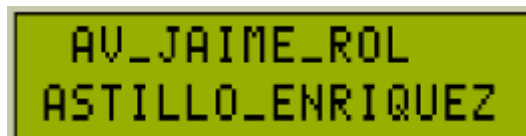


Figura 11.- Mensaje externo capturado

# ANEXO II

## CODIGO FUENTE



```

program alarma_comunitaria

' declaracion de libreria keypad en puerto B
' inicializacion libreria LCD a 4 bits en
' puerto C
dim keypadPort as byte at PORTB
dim LCD_RS as sbit at RC0_bit
  LCD_EN as sbit at RC1_bit
  LCD_D4 as sbit at RC2_bit
  LCD_D5 as sbit at RC3_bit
  LCD_D6 as sbit at RC4_bit
  LCD_D7 as sbit at RC5_bit
  LCD_RS_Direction as sbit at TRISC0_bit
  LCD_EN_Direction as sbit at TRISC1_bit
  LCD_D4_Direction as sbit at TRISC2_bit
  LCD_D5_Direction as sbit at TRISC3_bit
  LCD_D6_Direction as sbit at TRISC4_bit
  LCD_D7_Direction as sbit at TRISC5_bit
'estado.0 activada o desactivada la proteccion
'estado.1 estado de alarma o no
'estado.2 llego mensaje de otro dispositivo
'declaracion de variables a utilizar

dim text as char [40]           ' variables tipo char, para textos
                                ' largos, familia direccion
dim auxeprom as char[40]      ' reutilizada en lectura y escritura
                                ' de memoria eeprom
dim estado as byte           ' Estado de la alarma
dim rota as byte             ' Contador usado en la rotacion de textos
dim term as byte            ' Terminales a usarse y aser comparados
dim a, b, c, d, e,f,g, cnt as byte ' contadores usados para delimitadores en
                                ' procesos
dim letra as byte           ' uasado para obter letra contador de pulsos
dim key as byte[4]          ' contiene la clave de acceso de la memoria
                                ' EEprom
dim clave as byte[4]         ' contiene clave de acceso igresado por
                                ' teclado
dim kp as byte              ' Optiene estado del teclado
dim lectura as byte         ' lectura optiene tecla presionada
dim serial as byte          ' Usado para la comunicacion serial
dim sensores as byte        ' contiene el estado de los sensores
dim retardo as word         ' Usado como contador para salir al no
                                ' precionarse una tecla

' sub rutina para sonido de actividad correcta
sub procedure beepok()
' sub rutina para sonido de actividad incorrecta
sub procedure beepbad()

' sub rutina que optiene el estado del teclado
sub procedure tecla()
  kp = Keypad_Key_Press()      ' obtener estado de teclado
  if kp <> 0 then             ' ¿Presiono alguna tecla?
    lectura= kp                ' SI, lectura = tecla presionada
    while kp <>0               ' esta precionada la tecla?
      kp = Keypad_Key_Press()  ' obtener estado de teclado
      PORTE.0=1                ' enciednda indicador de presion
    wend                       '
    a=1                          ' NO, tecla no presionada,
    PORTE.0=0                    ' apague indicador de presion de
  end if                       ' tecla

```

```

end sub                                     ' NO, fin sub pprograma

sub procedure leeletra()                    ' segun el contador de preion
select case letra                          ' escoge la letra correspondiente
case 1                                     ' y la vuelve en la variable text
text= "A"
case 2
text = "B"
case n
case 37
text = "9"
end select
end sub

' traduce la tecla presionada para la visualizacion en LCD
sub procedure leenúmero()
select case lectura
case 1
text="1"
lectura=1
case 2
text="2"
lectura=2
case 3
text="3"
lectura=3
case 4
text="A"
lectura= 10
case n
text = 'una o numero letra del teclado matricial
case 16
text="D"
lectura=15
end select
end sub

' sub rutina para la validacion de clave ingresada
sub procedure validakey()                  ' Validar la clave ingresada
Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)                       ' limpia LCD
text = "INTRODUCIR KEY"                   ' pide introsuccion de clave
Lcd_Out(1, 2, text)                        ' rotando texto
delay_ms (300)
cnt = 0                                    ' limpia pantalla
text=""
a=0
retardo=0                                  ' inicio contador de retardo
b=0
WHILE ((cnt < 4) AND (retardo < 100))      ' limita a 4 digitos ingresados
tecla ()                                   ' presiono tecla?
leenúmero ()                               ' obtener que tecla se presiono
if a=1 then                                ' Si se presiono tecla, haga esto
a=0
key[cnt] = lectura                         ' SETEAR bandera delimitadora
cnt=cnt+1                                  ' key= tacla presionada
                                           ' incremento contador de digitos
                                           ' ingresados
Lcd_Out(2, cnt, text)                     ' visualizar digito ingresado
retardo=0                                  ' esperaro otro dijito
end if
wend if cnt=4 then

```

```

delay_ms(1000)           ' retardo
cnt=0                   ' seteo contador
if (key[0] = clave[0]) then ' primer digito coincide?
  if (key[1] = clave[1]) then ' si, segundo digito coincide?
    if (key[2] = clave[2]) then ' si, tercer digito coincide?
      if (key[3] = clave[3]) then ' si, cuarto digito coincide?
        beepok()           ' si, sonido de proceso correcto
        b=1                ' seteo bandera de validacion,
                             ' para delimitacion
      end if
    end if
  end if
end if                   ' NO
end if                   ' NO
end if
end if
end if
end if
end sub                  ' NO
                          ' NO
                          '
' Activa la alarma para atender al estado de sensores
sub procedure ACTIVAR ()
g=0
Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)     ' Limpio pantalla
Lcd_Cmd(_Lcd_Return_Home) ' regresar inicio de pantalla
delay_ms(500)           ' retardo
if estado.0 = 1 then    ' alarma activa?
  text = "ALARMA ACTIVADA" ' SI, mensaje de activada
  Lcd_Out(1, 1, text)   ' en LCD
  delay_ms (1000)      ' retardo
end if
if estado.0= 0 then    ' Alarma activada?
  estado.0=1           ' NO, Activar alarma
  EEPROM_Write($60, estado) ' guardar estado de alarma
  text = "ACTIVANDO..." ' visualizo mensaje
  Lcd_Out(1, 1, text)  '
                          '
                          ' seteo contador
                          ' retardo de 15 segundos
                          ' antes de activacion de la
                          ' alarma
                          ' con aviso de tono
                          '
                          '
                          ' seteo contador
                          ' limpiar pantalla
                          ' visualizar mensaje
                          ' en LCD
                          '
                          ' retardo
end if
end sub

' sub rutina que desactiva la alarma
'
sub procedure desactivar ()
b=0
validakey ()
if b=1 then
:
  Lcd_Cmd(_Lcd_Clear) ' limpiar pantalla
  text = "DESACTIVANDO...." ' visualizar mensaje
  Lcd_Out(1, 1, text)  '
  delay_ms(1500)      ' retardo

```

```

    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    estado.0=0

    estado.1=0
    estado.2=0
    EEPROM_Write($60, estado)
    PORTE.1=0
    g=61
    text = "DESACTIVADO"
    Lcd_Out(2, 4, text)
    beepok ()
end if
if b=0 then
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    text = "ERROR DE CLAVE"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    beepbad ()
    g=18
end if
end sub

' Configuracion de terminales a usarse
sub procedure terminales ()
    lectura =0
    c=0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    delay_ms(500)
while c < 10
    c=c + 1
    text = "1.-CONF. ACTUAL"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    text = "2.-CAMBIAR CONF."
    Lcd_Out(2, 1, text)
    delay_ms(500)
    tecla ()
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    text = "3.- SALIR"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    delay_ms(500)
    tecla ()
    select case lectura
        case 1
            beepok()
            cnt=0
            c=0
            Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
            lectura = 0
            term = EEPROM_Read($54)
            while cnt < 8
                if term.cnt=1 then
                    select case cnt
                        case 0
                            c= 1+48

                            Lcd_chr(2,1,c)
                        case 1
                            c= 2+48
                            Lcd_chr(2,2,c)
                        case 2
                            c= 7+48
                    end select
                end if
            end while
        end select

```

```

        Lcd_chr(2,7,c)
    case 3
        c= 8+48
        Lcd_chr(2,8,c)
    case 4
        c= 6+48
        Lcd_chr(2,6,c)
    case 5
        c= 5+48
        Lcd_chr(2,5,c)
    case 6
        c= 4+48
        Lcd_chr(2,4,c)
    case 7
        c= 3+48
        Lcd_chr(2,3,c)
    end select
end if
cnt=cnt+1
wend
delay_ms(500)
beepok()
delay_ms(1000)
c=10

case 2
    lectura = 0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    PORTE.0=1
    text = "INTRODUCIR TERMINALES ACTIVAS"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    rota = Strlen(text)
    delay_ms(500)
    PORTE.0=0
    while (rota > 10 )
        rota= rota -1
        Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)
        delay_ms(150)
    wend
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    Lcd_Cmd(_Lcd_Return_Home)
    text = "DIGITE 8 NUMEROS"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    term=0
    cnt = 0
    text=""
    a=0
    WHILE cnt < 8
        tecla ()
        leenúmero ()
        if a=1 then
            a=0
            cnt=cnt+1

            if lectura < 10 then
                Lcd_Out(2, cnt, text)
                select case lectura
                    case 1

```

```

        term.0=1           ' terminales activas en
    case 2                 ' cualquier orden.
        term.1=1         '
    case 3                 '
        term.7=1         '
    case 4                 '
        term.6=1         '
    case 5                 '
        term.5=1         '
    case 6                 '
        term.4=1         '
    case 7                 '
        term.2=1         '
    case 8                 '
        term.3=1         '
    end select           '
end if                   '
end if                   ' esperaro otro digito
wend                     '
    EEPROM_Write($54,term) ' almaceno configuracion en
    delay_ms(500)         ' memoria eeprom
    c=10                 '
case 3                   '
    c=10                 ' caso tres
    lectura=0           ' salir
end select
wend Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
lectura=0
end sub

' Configuracion del nombre de la familia que habita el inmueble
sub procedure familia()
    lectura =0           ' limpio variables a utilizar
    c=0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    delay_ms(700)
while c < 10             ' y se visualiza sub menu de
    c=c+1               ' configuracion
    text = "1.- CONF. ACTUAL"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    text = "2.- CAMBIAR"
    Lcd_Out(2, 1, text)
    delay_ms(700)
    tecla ()
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    text = "3.- SALIR"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    tecla ()           ' se verifica si se preciono
    delay_ms(700)     ' alguna tecla
select case lectura    '
case 1                 ' opcion uno
    beepok()          ' para ver la configuracion
    cnt=0              ' actual
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    lectura = 0
    cnt = 0
while cnt < 39         '
    auxeprom[cnt] = EEPROM_Read($00 + cnt) ' se lee la memoria eeprom
    cnt= cnt+1         ' desde la posicion 00 en hex.
wend                  ' 40 posiciones en los que
    Lcd_Out(1,1, auxeprom) ' esta almacenado el nombre

```

```

    Lcd_Out(1,1," ")
    Lcd_Out(2,1," ")
    delay_ms(500)
    beepok()
    rota = strchr(auxeprom, " ")
while rota > 0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)
    rota = rota -1
    delay_ms(250)
wend
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
CASE 2
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    PORTE.0=1
    PORTE.2=1
    text = "INTRODUCIR NOMBRE DE FAMILIA"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    rota = Strlen(text)
    delay_ms(500)
    PORTE.0=0
        while (rota > 5 )
            rota= rota -1
            Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)
            delay_ms(150)
        wend
    Lcd_Cmd(_LCD_RETURN_HOME)
    text=""
    cnt=3
    a=0
    letra =1
    while cnt < 41
        tecla ( )

        if lectura = 8 then
            letra = letra +1
            lectura = 0
            if letra= 28 then
                letra= 1
            end if
        end if

        if lectura = 4 then
            letra = letra - 1
            lectura = 0
            if letra = 0 then

                letra=27
            end if
        end if

        if lectura = 12 then
            cnt= cnt-1
            auxeprom[cnt] = text[0]
            cnt =cnt + 2
            lectura = 0
            if cnt > 14 then
                Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)
            end if
            letra= 27

```

```

' de la familia.
'
' se lo visualiza durante 500ms
'
'
' y se hace rotar en pantalla
' el texto cada 250 ms
'
'
' Opcion 2
' para cambiar la
' configuracion actual e
' introducir un nuevo
' nombre de familia
'
' Se vidualiza mensaje
' y se lo hace rotar
'
'
' se limpia variables a
' utilizar para la captura
' del texto
' se inicia mostrando
' guion bajo en pantalla LCD
' se preciono tecla?
'
' se preciono tecla B
' se incrementa letra
' a visualizar
' si se esta en la letra numero
' 28 se inicia nuevamente en
' guion bajo
'
' Se preciono tecla A?
' se regresa una letra y
' si se esta en la letra
' numero 1 se regresa a la
' ultima letra (Z)
'
'
' Se preciono tecla C?
' se acepta esa letra como
' parte del texto ingresado
' como familia, y se incrementa
' una posicion en el texto
' a ingresar rotando la
' pantalla se ha ingresado ya
' 14 caracteres.
'

```

```

        end if
        leeletra()
        Lcd_Out(2, cnt, text)
        Lcd_Cmd(_LCD_UNDERLINE_ON)

        if lectura = 16 then
            cnt= cnt -1
            while cnt < 39
                text=" "
                auxEEPROM[cnt] = text[0]
                cnt= cnt + 1
            wend
            cnt = 60
            lectura = 0
        end if
    wend
    delay_ms(500)
    Lcd_Cmd(_Lcd_CURSOR_OFF)
    cnt= Strlen(auxEEPROM)
    b=0
    while (cnt > 0)
        EEPROM_Write($00 + b , auxEEPROM[b] )
        cnt=cnt - 1
        b=b+1
    wend
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)

CASE 3
    c=21
n
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
end select
wend

end sub

' Configuracion de direccion

sub procedure direccion()
    lectura =0
    c=0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    delay_ms(700)
    while c < 20
        c= c+1
        text = "1.- CONF. ACTUAL"
        Lcd_Out(1, 1, text)
        text = "2.- CAMBIAR"
        Lcd_Out(2, 1, text)
        delay_ms(700)
        Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
        text = "3.- SALIR"
        Lcd_Out(1, 1, text)
        tecla ()
        delay_ms(700)
        select case lectura
            case 1
                beepok()
                cnt=0
                Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
                lectura = 0
                cnt = 0

```



```

while cnt < 39                                     ' y se lee la memoria EEPROM
  auxeprom[cnt] = EEPROM_Read($2A + cnt)          ' desde la posicion 2A hex.
  cnt= cnt+1                                       ' hasta las 40 posiciones
wend                                               ' siguientes
  Lcd_Out(1,1, auxeprom)                          ' se visualiza en la pantalla
  Lcd_Out(1,1," ")                                ' LCD
  Lcd_Out(2,1," ")                                '
  delay_ms(500)                                    '
  beepok()                                         ' Se obtiene el tamaño del
  rota = strchr(auxeprom, " ")                    ' texto, y se inicia la
while rota > 0                                     ' rotacion del mismo en la
  Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)                         ' pantalla cada 250ms
  rota = rota -1                                   '
  delay_ms(250)                                    '
wend                                               '
Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)                               '
CASE 2                                             ' Si opcion 2
Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)                               ' se limpia pantalla
PORTE.0=1                                         ' se visualiza mensaje
text = "INTRODUCIR DIRECCION"                    ' de peticion de datos
Lcd_Out(1, 1, text)                               '
rota = Strlen(text)                               '
delay_ms(500)                                     '
PORTE.0=0                                         ' y se lo rota en la pantalla
while (rota > 0 )                                 '
  rota= rota -1                                   '
  Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)                         '
  delay_ms(150)                                    '
wend                                               '
Lcd_Cmd(_LCD_RETURN_HOME)                         ' se prepara variables para
text=""                                           ' grabar el texto
delay_ms(150)                                     ' se inicia variables a
cnt = 3                                           ' utilizar
a=0                                               '
letra =1                                          '
while cnt < 39                                     '
  tecla ( )                                       ' se presio tecla?
  if lectura = 8 then                              ' presiono tecla B?
    letra = letra +1                               ' si, muestre siguiente letra
    lectura = 0                                    ' del alfabeto
    if letra= 38 then                              ' es el ultimo caracter?
      letra= 1                                     ' regrese al inicio
    end if
  end if
  if lectura = 4 then                              ' presiono tecla A?
    letra = letra - 1                             ' regrese una letra del
    lectura = 0                                    ' alfabeto.
    if letra = 0 then                              ' es la primera letra?
      letra=37                                    ' regrese a la ultima.
    end if
  end if
  if lectura = 12 then                             ' Presiono tecla C?
    cnt= cnt-1                                    ' acepte letra como parte del
    auxeprom[cnt] = text[0]                       ' texto y aumente una posicion
    cnt =cnt + 2                                   ' en el texto
    lectura = 0                                    '
    if cnt > 14 then                               ' se rota el texto en la
      Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)                   ' pantalla para ver el texto
    end if                                         ' que se esta ingresando
  end if
  leeletra()                                       '

```

```

        Lcd_Out(2, cnt, text)
        ' Lcd_Cmd(_LCD_UNDERLINE_ON)
    if lectura = 16 then
        cnt= cnt -1
        while cnt < 41
            text=" "
            auxeprom[cnt] = text[0]
            cnt= cnt + 1
        wend
        cnt = 60
        lectura = 0
    end if
wend
    delay_ms(500)
    Lcd_Cmd(_Lcd_CURSOR_OFF)
    cnt= Strlen(auxeprom)
    b=0
    while (cnt > 0)
        EEPROM_Write($2A + b , auxeprom[b] )
        cnt=cnt - 1
        b=b+1
    wend
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
case 3
    c=21
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)

end select
wend

end sub

sub procedure clavedeacceso()
' inicio variables y limpio LCD

while c < 20

' el mismo codigo para visualizar sub menu de configuracion

select case lectura
case 1
    beepok()
    cnt=0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    lectura = 0
    while cnt < 4
        clave[cnt] = EEPROM_Read($59 + cnt)
        ByteToStr(clave[cnt],text)
        cnt= cnt+1
        Lcd_Out_cp(text)
        delay_ms(500)
    wend
    beepok()
    delay_ms(2000)
    lectura =0
case 2
    lectura = 0
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    PORTE.0=1
    text = "INTRODUCIR NUEVA CLAVE DE ACCESO"
    Lcd_Out(1, 1, text)

```

```

        rota = Strlen(text)
        delay_ms(500)
        PORTE.0=0
    while (rota > 0 )
        rota= rota -1
        Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)
        delay_ms(150)
    wend
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    Lcd_Cmd(_Lcd_Return_Home)
    text = "DIGITE 4 NUMEROS"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    cnt = 0
    text=""
    a=0
    WHILE cnt < 4
        tecla ()
        leenumero ()
        if a=1 then
            a=0
            key [cnt] = lectura
            cnt=cnt+1
            Lcd_Out(2, cnt, text)
        end if
    wend
    cnt=0
    while (cnt < 4)
        EEPROM_Write($59 + cnt ,key[cnt] )
        cnt=cnt + 1
    wend
    delay_ms(500)
    lectura = 0
    case 3
        c = 21
        lectura = 0
    end select
wend

end sub

sub procedure msjvecino()
'
' En este codgio se hace la captura de los mensajes
' que vienen de otros SCA-XBEE y que este puede
' capturalos y mostrar en pantalla
end sub

' en este sub programa se tiene el monitoreo de los sensores y se activa
' la alerta y luego se envian mensajes con la informacion configurada

sub procedure emergencia()
if estado.0=1 then
    sensores = PORTD AND term
    while ((sensores <> term) OR (estado.1 = 1) )and (lectura=0)
        Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
        text = "ALERTA"
        Lcd_Out(1, 1, text)
        text = " SENSOR ACTIVADO"
        Lcd_Out(2, 1, text)
        text=""
        PORTE.2=1
        tecla()
    end while
end if

```

```

if estado.1=0 then                                '
  estado.1 = 1                                     '
  EEPROM_Write($60, estado)                        '
end if                                             ' Cambio el estado de las
PORTE.1=1                                          ' banderas de indicaion de
PORTE.0 =1                                        ' alertas
PORTE.2=1                                          '
cnt=0                                             '
while g < 15                                       ' Esperando a desactivar alarma
  delay_ms(250)                                    '
  PORTE.0=1                                        '
  g=g+1                                           '
  tecla()                                         '
  if lectura <> 0 then                               '
    desactivar()                                  '
    lectura=50                                    '
  end if                                           '
  delay_ms(250)                                    '
  PORTE.0=0                                        '
wend                                             '

if estado.1 = 1 then                                ' Iniciando el envio de mensajes
  while cnt < 41                                       ' hacia otros dispositivos
    auxeprom[cnt] = EEPROM_Read($00 + cnt)        '
    cnt= cnt+1                                     '
  wend                                             '

  if estado.1 = 1 then                                '
    cnt=0                                          '
    while cnt < 41 and (auxeprom[cnt]<>" ")          ' Envio nombre de familia
      UART1_Write(auxeprom[cnt])                  '
      cnt = cnt + 1                               '
    wend                                           '
    UART1_Write(32)                               '
    UART1_Write(47)                               '
  end if                                           '
  cnt=0                                          '
  while cnt < 41                                       '
    auxeprom[cnt] = EEPROM_Read($2A + cnt)        '
    cnt= cnt+1                                     '
  wend                                             '
  if estado.1 = 1 then                                '
    cnt=0                                          '
    while cnt < 41 and (auxeprom[cnt]<>" ")          ' envio Direccion del inmueble
      UART1_Write(auxeprom[cnt])                  '
      cnt = cnt + 1                               '
    wend                                           '
    UART1_Write(32)                               '
    UART1_Write(47)                               '
  end if                                           '
  cnt=0                                          '
end if                                           '
wend                                             '
end if                                             '
end sub                                           '

' sub rutina para configuracion de parametros      '
'
sub procedure CONFIGURAR()                            '
delay_ms(500)                                       '
b=0                                                 '

```

```

validakey ()           ' se pide clave y se la valida
lectura =0            '
if b=0 then         '
  Lcd_Cmd(_Lcd_Clear) ' si clave no es correcta mostrar
r                   '
  text = "ERROR DE CLAVE" ' mensaje de error
  Lcd_Out(1, 1, text)  '
  beepbad ()          '
end if              '
if b=1 then       ' si clave es correcta
  Lcd_Cmd(_Lcd_Clear) '
  beepok ()          '
  c=0                ' desplegar menu de
  WHILE c < 10      ' configuraciones
  c=c+1              '
  PORTE.2=1         '
  Lcd_Cmd(_Lcd_Clear) '
  text = "1.- FAMILIA" '
  Lcd_Out(1, 1, text) '
  text = "2.- DIRECCION" '
  Lcd_Out(2, 1, text) '
  delay_ms(700)     '
  tecla()           '
  Lcd_Cmd(_Lcd_Clear) '
  text = "3.-KEY DE ACCESO" '
  Lcd_Out(1, 1, text) '
  text = "4.-TERMINALES" '
  Lcd_Out(2, 1, text) '
  delay_ms(700)     '
  tecla()           ' se preciono tecla?
  select case lectura '
  case 1            ' opcion 1
    familia ()      ' configurar familia
    lectura=0       '
  case 2            '
    direccion()    ' opcion 2
    lectura = 0     ' configurar direccion
  case 3            '
    clavedeacceso() ' opcion 3
    lectura = 0     ' configurar clave

  case 5            ' opcion 4
    terminales()  ' configurar terminales
    lectura=0       '
  end select      '
wend             '
end if           '
end sub         '

sub procedure SETEAR () '
' se setea la clave de acceso, con una cleve de configuracion unica
' y propietaria del sistema
end sub         '

' sub programa para la activacion de panico
sub procedure panico() '
if PORTD.7=0 then ' se preciono boton de panico?
  estado.0=1        ' SI, disparar la alarma
  estado.1=1        ' activar las banderas
  EEPROM_Write($60, estado) ' y guardar el estado de las
  g=61              ' banderas
end if           '

```

```

end sub
'
' sub programa que recupera clave configurada
' y la tiene lista para comparaciones
'
sub procedure leeclave()
cnt=0
while cnt < 4
clave[cnt] = EEPROM_Read($59 + cnt)
delay_ms(2)
cnt= cnt+1
wend
end sub

' Interrupcion que permite volver a las rutinas de defecto al abandonar
' un proceso de introduccion de clave
'
sub procedure Interrupt()
inc(retardo)
TMR0 = 0
INTCON = 0x20
end sub

''Programa principal
main:
OPTION_REG = 0x87
TMR0 = 0
INTCON = 0xA0

TRISA=0x00
TRISE =0x00
PORTE=0
TRISD = 0xFF
PORTD=0
TRISC =0xFF
PORTC=0

ANSEL = 0
ANSELH = 0

Keypad_Init()

Lcd_Init()
UART1_Init(9600)
leeclave()
estado=EEPROM_Read($60)
Lcd_Cmd(_Lcd_CURSOR_OFF)
Keypad_Key_Click()
term= EEPROM_Read($54)
estado.2=0
PORTE.2=1
text="."
delay_ms(700)
cnt=0
text = "INICIANDO SENSORES"
Lcd_Out(1, 1, text)
WHILE (((cnt < 17)AND(estado.1=0))AND(estado.0=1))
text = "."
Lcd_Out(2, cnt, text)

```

```

    cnt=cnt+1                                ' sensores
    delay_ms(1500)                            '
wend                                        '
    cnt=0                                     '
                                            '
intro:                                       ' Visualizar mensaje de
while true                                  ' bienvenida
    Lcd_Cmd(_LCD_TURN_ON)                   '
    lectura=0                               '
    cnt=1                                    '
    while lectura=0                          ' y rotarlo hasta que se
        PORTE.0=0                            '
        Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)                  ' precione una tecla
        text = "SISTEMA DE ALARMA COMUNITARIA"
        Lcd_Out(1, 1, text)                  '
        rota = Strlen(text)                  '
        delay_ms(500)                        '
    while ((rota > 5 )AND(lectura =0))        '
        tecla ()                             '
        emergencia()                         '
        rota= rota -1                        '
        Lcd_Cmd(_Lcd_Shift_left)             '
        delay_ms(150)                        '
        tecla()                              '
        msjvecino()                          '
        panico()                             '
    wend                                     '
        Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)                  '
        Lcd_Cmd(_Lcd_Return_Home)           '
wend                                       '
    PORTE.2=1                                '
MENU:                                       '
    c=0                                       '
    lectura = 0                              ' Si se preciono una tecla
WHILE c<20                                  ' desplegar menu principal
    c = c + 1                                ' en pantalla
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)                      ' durante 20 ocaciones
    text = "1.- ACTIVAR"                    ' o haste que se recione tecla
    Lcd_Out(1, 1, text)                      ' escogiendo una opcion de ellas
    text = "2.- DESACTIVAR"
    Lcd_Out(2, 1, text)
    delay_ms(500)
    tecla()
    Lcd_Cmd(_Lcd_Clear)
    text = "3.- CONFIGURAR"
    Lcd_Out(1, 1, text)
    delay_ms(500)
    tecla ()
    emergencia()
    panico()
    select case lectura
    case 1                                    ' opcion 1
        ACTIVAR ()                          ' ACTIVAR ALARMA
        lectura=0
    case 2                                    '
        desactivar ()                       ' opcion 2
        leeletra ()                          ' DESACTIVAR ALARMA
        lectura=0
    case 3                                    '
        CONFIGURAR ()                       ' opcion 3
        lectura=0                            ' configurar alarma

```

```

    case 16
        Lcd_Out(1, 1, text)
        SETEAR ()
        lectura = 0
    end select

wend
PORTE.2 =0
wend
end.
'
```



ANEXO III  
HOJA DE DATOS DE  
MODULOS XBEE / XBEE PRO

# 1. XBee/XBee-PRO OEM RF Modules

The XBee and XBee-PRO OEM RF Modules were engineered to meet IEEE 802.15.4 standards and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are pin-for-pin compatible with each other.



## 1.1. Key Features

### Long Range Data Integrity

XBee

- Indoor/Urban: up to 100' (30 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 300' (100 m)
- Transmit Power: 1 mW (0 dBm)
- Receiver Sensitivity: -92 dBm

XBee-PRO

- Indoor/Urban: up to 300' (100 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1500 m)
- Transmit Power: 100 mW (20 dBm) EIRP
- Receiver Sensitivity: -100 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

### Advanced Networking & Security

Retries and Acknowledgements  
DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)  
Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available  
Source/Destination Addressing  
Unicast & Broadcast Communications  
Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported  
Coordinator/End Device operations

### Low Power

XBee

- TX Current: 45 mA (@3.3 V)
- RX Current: 50 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

XBee-PRO

- TX Current: 215 mA (@3.3 V)
- RX Current: 55 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

### ADC and I/O line support

Analog-to-digital conversion, Digital I/O  
I/O Line Passing

### Easy-to-Use

No configuration necessary for out-of box RF communications  
Free X-CTU Software  
(Testing and configuration software)  
AT and API Command Modes for configuring module parameters  
Extensive command set  
Small form factor

### Free & Unlimited RF-XPert Support

### 1.1.1. Worldwide Acceptance

**FCC Approval** (USA) Refer to Appendix A [p57] for FCC Requirements.  
Systems that contain XBee/XBee-PRO RF Modules inherit MaxStream Certifications.

ISM (Industrial, Scientific & Medical) **2.4 GHz frequency band**

Manufactured under **ISO 9001:2000** registered standards

XBee/XBee-PRO RF Modules are optimized for use in the **United States, Canada, Australia, Israel and Europe**. Contact MaxStream for complete list of government agency approvals.



## 1.2. Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee/XBee-PRO OEM RF Modules

Specification	XBee	XBee-PRO
<b>Performance</b>		
Indoor/Urban Range	up to 100 ft. (30 m)	Up to 300' (100 m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 300 ft. (100 m)	Up to 1 mile (1500 m)
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm) conducted, 100 mW (20 dBm) EIRP*
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
<b>Power Requirements</b>		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	If PL=0 (10dBm): 137mA(@3.3V), 139mA(@3.0V) PL=1 (12dBm): 155mA (@3.3V), 153mA(@3.0V) PL=2 (14dBm): 170mA (@3.3V), 171mA(@3.0V) PL=3 (16dBm): 188mA (@3.3V), 195mA(@3.0V) PL=4 (18dBm): 215mA (@3.3V), 227mA(@3.0V)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 $\mu$ A	< 10 $\mu$ A
<b>General</b>		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector
<b>Networking &amp; Security</b>		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
<b>Agency Approvals</b>		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	n/a	005NYCA0378 (Max. 10 dBm transmit power output)**

\* When operating in Europe: XBee-PRO RF Modules must be configured to operate at a maximum transmit power output level of 10 dBm. The power output level is set using the PL command. The PL parameter must equal "0" (10 dBm).

Additionally, European regulations stipulate an EIRP power maximum of 12.86 dBm (19 mW) for the XBee-PRO and 12.11 dBm for the XBee when integrating high-gain antennas.

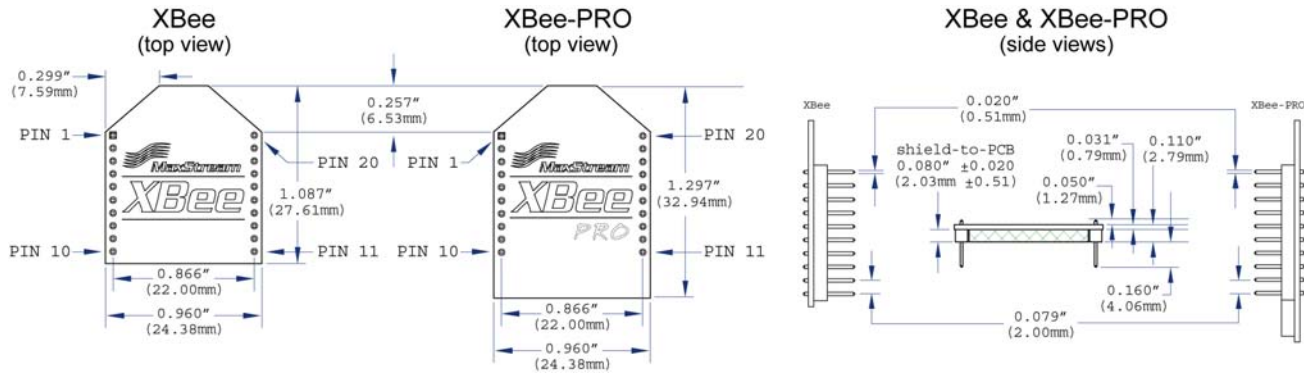
\*\* When operating in Japan: Transmit power output is limited to 10 dBm. A special part number is required when ordering modules approved for use in Japan. Contact MaxStream for more information [call 1-801-765-9885 or send e-mails to sales@maxstream.net].

Antenna Options: The ranges specified are typical when using the integrated Whip (1.5 dBi) and Dipole (2.1 dBi) antennas. The Chip antenna option provides advantages in its form factor; however, it typically yields shorter range than the Whip and Dipole antenna options when transmitting outdoors. For more information, refer to the "XBee Antenna" application note located on MaxStream's web site (<http://www.maxstream.net/support/knowledgebase/article.php?kb=153>).

### 1.3. Mechanical Drawings

**Figure 1-01. Mechanical drawings of the XBee/XBee-PRO OEM RF Modules (antenna options not shown)**

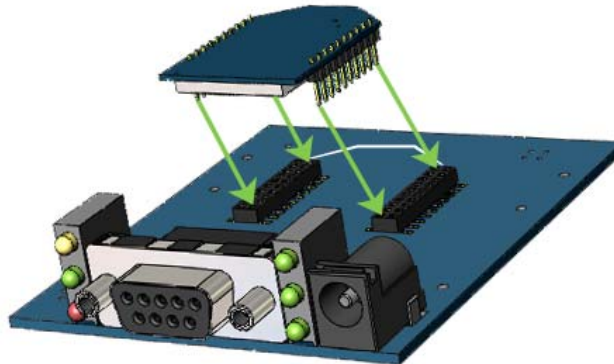
The XBee and XBee-PRO RF Modules are pin-for-pin compatible.



### 1.4. Mounting Considerations

The XBee/XBee-PRO RF Module was designed to mount into a receptacle (socket) and therefore does not require any soldering when mounting it to a board. The XBee Development Kits contain RS-232 and USB interface boards which use two 20-pin receptacles to receive modules.

**Figure 1-02. XBee Module Mounting to an RS-232 Interface Board.**



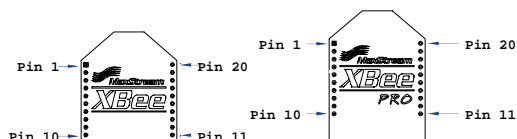
The receptacles used on MaxStream development boards are manufactured by Century Interconnect. Several other manufacturers provide comparable mounting solutions; however, MaxStream currently uses the following receptacles:

- Through-hole single-row receptacles - Samtec P/N: MMS-110-01-L-SV (or equivalent)
- Surface-mount double-row receptacles - Century Interconnect P/N: CPRMSL20-D-0-1 (or equivalent)
- Surface-mount single-row receptacles - Samtec P/N: SMM-110-02-SM-S

MaxStream also recommends printing an outline of the module on the board to indicate the orientation the module should be mounted.

## 1.5. Pin Signals

**Figure 1-03. XBee/XBee-PRO RF Module Pin Numbers**  
(top sides shown - shields on bottom)



**Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules**  
(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	<u>RESET</u>	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	<u>DTR</u> / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	<u>RTS</u> / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

\* Function is not supported at the time of this release

### Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k  $\Omega$  pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

## 1.6. Electrical Characteristics

**Table 1-03. DC Characteristics (VCC = 2.8 - 3.4 VDC)**

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	0.35 * VCC	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	All Digital Inputs	0.7 * VCC	-	-	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage	I <sub>OL</sub> = 2 mA, VCC >= 2.7 V	-	-	0.5	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage	I <sub>OH</sub> = -2 mA, VCC >= 2.7 V	VCC - 0.5	-	-	V
I <sub>IN</sub>	Input Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all inputs, per pin	-	0.025	1	μA
I <sub>OZ</sub>	High Impedance Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all I/O High-Z, per pin	-	0.025	1	μA
TX	Transmit Current	VCC = 3.3 V	-	45 (XBee)    215 (PRO)	-	mA
RX	Receive Current	VCC = 3.3 V	-	50 (XBee)    55 (PRO)	-	mA
PWR-DWN	Power-down Current	SM parameter = 1	-	< 10	-	μA

**Table 1-04. ADC Characteristics (Operating)**

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>REFH</sub>	VREF - Analog-to-Digital converter reference range		2.08	-	V <sub>DDAD</sub>	V
I <sub>REF</sub>	VREF - Reference Supply Current	Enabled	-	200	-	μA
		Disabled or Sleep Mode	-	< 0.01	0.02	μA
V <sub>INDC</sub>	Analog Input Voltage <sup>1</sup>		V <sub>SSAD</sub> - 0.3	-	V <sub>DDAD</sub> + 0.3	V

1. Maximum electrical operating range, not valid conversion range.

**Table 1-05. ADC Timing/Performance Characteristics<sup>1</sup>**

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
R <sub>AS</sub>	Source Impedance at Input <sup>2</sup>		-	-	10	kΩ
V <sub>AIN</sub>	Analog Input Voltage <sup>3</sup>		V <sub>REFL</sub>		V <sub>REFH</sub>	V
RES	Ideal Resolution (1 LSB) <sup>4</sup>	2.08V ≤ V <sub>DDAD</sub> ≤ 3.6V	2.031	-	3.516	mV
DNL	Differential Non-linearity <sup>5</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
INL	Integral Non-linearity <sup>6</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
E <sub>ZS</sub>	Zero-scale Error <sup>7</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
F <sub>FS</sub>	Full-scale Error <sup>8</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
E <sub>IL</sub>	Input Leakage Error <sup>9</sup>		-	±0.05	±5.0	LSB
E <sub>TU</sub>	Total Unadjusted Error <sup>10</sup>		-	±1.1	±2.5	LSB

1. All ACCURACY numbers are based on processor and system being in WAIT state (very little activity and no IO switching) and that adequate low-pass filtering is present on analog input pins (filter with 0.01 μF to 0.1 μF capacitor between analog input and VREFL). Failure to observe these guidelines may result in system or microcontroller noise causing accuracy errors which will vary based on board layout and the type and magnitude of the activity.

Data transmission and reception during data conversion may cause some degradation of these specifications, depending on the number and timing of packets. It is advisable to test the ADCs in your installation if best accuracy is required.

2. R<sub>AS</sub> is the real portion of the impedance of the network driving the analog input pin. Values greater than this amount may not fully charge the input circuitry of the ATD resulting in accuracy error.

3. Analog input must be between V<sub>REFL</sub> and V<sub>REFH</sub> for valid conversion. Values greater than V<sub>REFH</sub> will convert to \$3FF.

4. The resolution is the ideal step size or 1LSB = (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>) / 1024

5. Differential non-linearity is the difference between the current code width and the ideal code width (1LSB). The current code width is the difference in the transition voltages to and from the current code.

6. Integral non-linearity is the difference between the transition voltage to the current code and the adjusted ideal transition voltage for the current code. The adjusted ideal transition voltage is (Current Code - 1/2) \* (1 / ((V<sub>REFH</sub> + E<sub>FS</sub>) - (V<sub>REFL</sub> + E<sub>ZS</sub>))).

7. Zero-scale error is the difference between the transition to the first valid code and the ideal transition to that code. The ideal transition voltage to a given code is (Code - 1/2) \* (1 / (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>)).

8. Full-scale error is the difference between the transition to the last valid code and the ideal transition to that code. The ideal transition voltage to a given code is (Code - 1/2) \* (1 / (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>)).

9. Input leakage error is error due to input leakage across the real portion of the impedance of the network driving the analog pin. Reducing the impedance of the network reduces this error.

10. Total unadjusted error is the difference between the transition voltage to the current code and the ideal straight-line transfer function. This measure of error includes inherent quantization error (1/2LSB) and circuit error (differential, integral, zero-scale, and full-scale) error. The specified value of E<sub>TU</sub> assumes zero E<sub>IL</sub> (no leakage or zero real source impedance).

**ANEXO IV**

**HOJA DE DATOS DE DETECTOR DE**

**MOVIMIENTO PARADOX**



476PLUS-T100  
PRINTED IN CANADA 03/2004



Instructions  
Instrucciones

**PARADOX**  
SECURITY SYSTEMS  
780 Boul. Industriel, St-Eustache, Québec, Canada J7R 5V3  
Tel.: (450) 491-7444 Fax: (450) 491-2313  
www.paradox.ca

## English

Select the detector's installation site, based on the required coverage and recommended height of 2.1m (7ft). Avoid proximity to any of the following: reflective surfaces, direct air flow from vents, fans and windows; sources of steam/oil vapor; objects causing temperature changes such as heaters, refrigerators, ovens; and infrared light sources.

For CUL Listed applications, the unit shall be installed in accordance with Part I of the Canadian Electrical Code.

The detector comes equipped with the Paradox wide angle (WA-1) standard lens. For more information on the full range of Paradox lenses, visit our web site at www.paradox.ca. If another lens pattern is required, choose the desired lens and:

- remove front cover of the detector by gently pushing in the cover pin with a screwdriver.
- pull out the bezel by lightly pressing on bezel pins.
- remove the lens and replace it with the alternate lens. (Note that when the new lens is properly installed, the grooves should be inside the bezel and the lens catalogue number on top.)
- replace the bezel by lightly pressing it in place. Make sure that the lens is centered.

After selecting the detector's location carefully remove the PCB **E** by loosening the PCB screw **D** (Figure 1). See Figure 2 to determine which holes to drill for the required mounting position. Run the wires through the two entry holes labeled **C** (Figure 2) and connect them according to the markings on the plastic back cover or as shown in Figure 1.

**! Do not touch the sensor surface as this could result in a detector malfunction. If necessary, clean the sensor surface using a soft cloth with pure alcohol.**

### PCB Height Adjustment

The Pro+ is designed for optimal performance at a height of 2.1m (7ft), but can be installed lower or higher. After you have installed the detector, ensure that the adjustable height markings on the right side of the PCB matches the tab inside the back cover (see "D" in Figure 2).

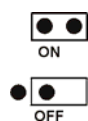
For example, if the detector is installed at a height of 2.1m (7ft), the PCB should then be adjusted to 2.1m (7ft) (Figure 4). Align the desired marking (height) with the back cover's plastic tab.

If another installation height is called for, readjust the PCB accordingly. Any PCB adjustments should be followed by a walk-test of the protected area. Walk-testing verifies that the required coverage is in place.

### LED Setting (J1)

When movement is detected, the green LED will illuminate for 3 seconds.

**ON (default)** = This will enable the green LED  
**OFF** = This will disable the green LED



### Slow / Fast Mode (J2)

Jumper J2 is located inside the metal shield and is factory-set to the "ON" position (fast mode), which is recommended for the majority of installations. The use of slow mode (jumper J2 "OFF") is suggested in areas where the incidence of false alarms may be greater. Use a small screwdriver to gently pry off the metal shield **F** (Figure 1) to access Jumper J2.

**ON (default)** = Fast Mode  
**OFF** = Slow Mode

### Powering The Paradox Pro+

Apply power by connecting the "AUX+" and "AUX-" of the control panel to the "+" and "-" terminals of the detector (Figure 1). Powering the detector initiates a self-testing program for the signal processor, memory and relay. The green LED will flash for a period of 35 seconds and the relay will follow the status of the LED.

### Walk-testing

In "fast" mode (J2 = ON), at 20°C, you should not be able to cross more than one complete zone (consisting of two beams left and right sensor detecting elements) in the coverage area with any kind of movement; slow/fast walking or running. In slow mode (J2 = OFF), the amount of movement required to generate an alarm is doubled.

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Sensor Type	Dual rectangular element, low noise, high sensitivity
Coverage: 110° (standard)	10.6m x 10.6m (35ft x 35ft)
Installation Height	2.1m to 2.7m (7 to 9ft)
Detection Speed	0.2 to 7m/sec. (0.6 to 23ft/sec.)
Operating Temperature	-20°C to +50°C (-4°F to +122°F)*
Voltage	Typically 11 to 16Vdc
Current Consumption	31mA Maximum
Lens	2nd generation Fresnel lens, LODIFF®, segments
Alarm Output	N.C., 28Vdc, 0.15A
Anti-tamper switch	N.C., 28Vdc, 0.15A Maximum

\* UL/ULC tested to 0°C to +49°C (+32°F to +120°F)

This device complies with Part 15 Subpart (B) of FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

### Warranty

Paradox Security Systems Ltd. ("Seller") warrants its products to be free from defects in materials and workmanship under normal use for a period of one year. Except as specifically stated herein, all express or implied warranties whatsoever, statutory or otherwise, including without limitation, any implied warranty of merchantability and fitness for a particular purpose, are expressly excluded. Because Seller does not install or connect the products and because the products may be used in conjunction with products not manufactured by the Seller, Seller cannot guarantee the performance of the security system. Seller obligation and liability under this warranty is expressly limited to repairing or replacing, at Seller's option, any products not meeting the specifications. In no event shall the Seller be liable to the buyer or any other person for any losses or damages whether direct or indirect or consequential or incidental, including without limitation, any damages for lost profits stolen goods, or claims by any other party, caused by defective goods or otherwise arising from the improper, incorrect or otherwise faulty installation or use of the merchandise sold.

Notwithstanding the preceding paragraph, the Seller's maximum liability will be strictly limited to the purchase price of the defective product. Your use of this product signifies your acceptance of this warranty.

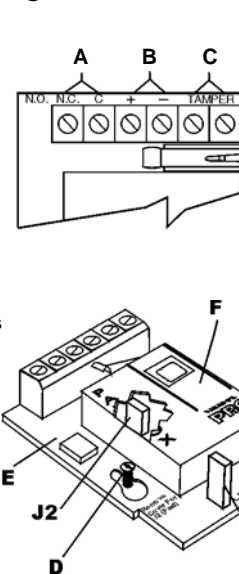
**BEWARE:** Dealers, installers and/or others selling the product are not authorized to modify this warranty or make additional warranties that are binding on the Seller.

The user is cautioned that any changes or modifications not expressly approved by Paradox Security Systems could void the user's authority to operate/use the equipment.

© 2002-2004 Paradox Security Systems Ltd. All rights reserved. Specifications may change without prior notice. One or more of the following US patents may apply: US05751803, US05721542, US05287111, US05119069, and US05077549. Canadian and International patents may also apply: patent #1-302-541 (CAN). ProPlus is a trademark or registered trademark of Paradox Security Systems, or its affiliates in Canada, the United States and/or other countries. LODIFF® a registered trademark of Fresnel Technologies Inc. LODIFF® lens: patent #4,787,722 (U.S.). Auto Pulse Signal Processing: patented

Figure/Figura 1

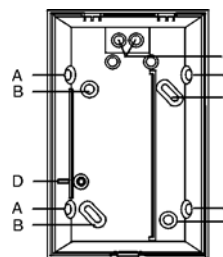
- A** - alarm relay  
- relais d'alarme  
- relé de alarma
- B** - power input (12Vdc)  
- alimentation (12 Vc.c.)  
- alimentación(12Vcc)
- C** - anti-tamper switch  
- interrupteur de sécurité  
- interruptor antisabotaje
- D** - P.C.B. screw  
- vis de la carte de circuits imprimés  
- tornillo de PCI
- E** - P.C.B.  
- carte de circuits imprimés  
- P.C.I.
- F** - RF metal shield  
- blindage métallique RF  
- blindaje metálico RF
- G** - detect/alarm LED (green)  
- DEL de détection/alarme (verte)  
- LED detección/alarma (verde)



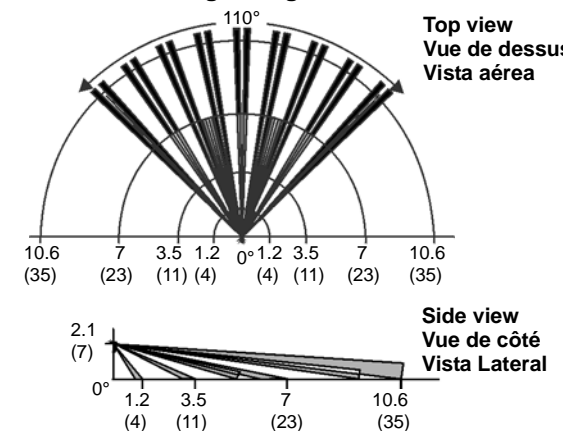
<b>J1</b> LED Setting (Green) Réglage de la DEL (verte) Configuración de luz LED (Verde)
ON = enabled / activée / habilitado OFF = disabled / désactivée / deshabilitado
<b>J2</b> Slow/Fast mode (inside metal shield) Mode lent/rapide (à l'intérieur du blindage métallique) Modo Lento / Rápido (al interior de blindaje metálico)
ON = Fast / Rapide / Rápido OFF = Slow / Lent / Lento

Figure/Figura 2

- A** - corner mount  
- montage en coin  
- montaje en esquina
- B** - flat surface mount  
- montage sur surface plane  
- montaje en superficie plana
- C** - wire entry  
- entrée des fils  
- entrada de cableado
- D** - align PCB height with tab  
- aligner hauteur de carte de circuits imprimés avec onglet  
- alinee la altura de la PCI con la lengüeta



Figure/Figura 3



-all measurements shown in meters and (feet)  
-toutes les mesures sont indiquées en mètres et en (pieds)  
-todas las medidas están en metros y en (pies)

Figure/Figura 4

- A** - optimum beam dispersion  
- dispersion optimale du faisceau  
- dispersión de haz óptima
- B** - unit aims closer, the gap between beams is smaller. Pet immunity is compromised.  
- l'unité capte plus près et l'espace entre les faisceaux est plus petit; l'insensibilité aux animaux est compromise
- C** - unit aims further, the gap between beams is wider. Pet immunity is compromised.  
- l'unité capte plus loin et l'espace entre les faisceaux est plus grand; l'insensibilité aux animaux est compromise



## Français

Choisir le lieu d’installation du détecteur d’après la couverture nécessaire et la hauteur recommandée de 2,1 m (7 pi). Éviter d’installer le détecteur à proximité des sources d’interférence suivantes : les surfaces réfléchissantes, la circulation d’air provenant de conduits d’aération, de ventilateurs et de fenêtres, les sources de vapeur d’eau/huile, les articles entraînant des variations de température tels que les appareils de chauffage, les réfrigérateurs et les fours et les sources de lumière à infrarouge.

Pour les applications listées CUL, l’unité doit être installée conformément à la Partie 1 du Code canadien de l’électricité.

Le détecteur est livré avec la lentille standard grand angle (WA-1) de Paradox. Pour plus amples renseignements sur la gamme complète de lentilles Paradox, visiter notre site Web au www.paradox.ca. Si un autre modèle de lentille est requis, choisir la lentille voulue et :


a) enlever le couvercle avant du détecteur en appuyant doucement sur la languette du couvercle avec un tournevis;

b) retirer le boîtier en appuyant légèrement sur les languettes de ce dernier;

c) enlever la lentille et la remplacer par l’autre lentille (noter que lorsque la nouvelle lentille est bien installée, les rainures devraient être à l’intérieur du boîtier et le numéro de catalogue de la lentille devrait être en haut);

d) replacer le boîtier en appuyant légèrement dessus; s’assurer que la lentille est centrée.

Une fois l’emplacement du détecteur choisi, enlever soigneusement la carte de circuits imprimés **E** en desserrant la vis **D** de cette dernière (Figure 1). Se référer à la Figure 2 pour déterminer les trous à percer pour la position de montage requise. Passer les fils dans les deux trous marqués **C** (Figure 2) et les connecter suivant les marques sur le fond en plastique ou comme il est indiqué à la Figure 1.

** **Ne pas toucher à la surface du capteur, car cela pourrait entraîner un mauvais fonctionnement du détecteur. Au besoin, nettoyer la surface du capteur à l’aide d’un chiffon doux et d’alcool pur.****

### Hauteur de la carte de circuits imprimés

Le Pro+ est conçu pour offrir une performance optimale à une hauteur de 2,1 m (7 pi), mais peut tout de même être installé à une hauteur inférieure ou supérieure à cette dernière. Une fois l’installation du détecteur terminée, s’assurer que les marques réglables en hauteur situées sur le côté droit de la carte de circuits imprimés correspondent à l’onglet à l’intérieur du couvercle arrière (voir « **D** » à la Figure 2).

Par exemple, si le détecteur est installé à une hauteur de 2,1 m (7 pi), la carte de circuits imprimés devrait donc être réglée à 2,1 m (7 pi) (Figure 4). Aligner la marque désirée (hauteur) avec l’onglet en plastique du couvercle arrière.

Si une hauteur d’installation différente est requise, réajuster la carte de circuits imprimés en conséquence. Tout ajustement de la carte de circuits imprimés devrait être suivi d’un essai de marche de la zone protégée. Un essai de marche permet de vérifier que la couverture nécessaire soit telle qu’elle doit être.

### Réglage de la DEL (J1)

Lorsque du mouvement est détecté, la DEL verte s’allume pour une durée de 3 secondes.

**INSTALLÉ (ON) (par défaut) =** DEL verte activée
**NON INSTALLÉ (OFF) =** DEL verte désactivée



### Mode lent/rapide (J2)

Le cavalier J2 est situé à l’intérieur du blindage métallique et est réglé à la position « INSTALLÉ » (mode rapide) en usine, ce mode étant recommandé pour la plupart des installations. L’usage du mode lent (cavalier J2 « NON INSTALLÉ ») est conseillé dans les zones où la fréquence de fausses alarmes peut être élevée. Utiliser un petit tournevis pour soulever doucement le blindage métallique **F** (Figure 1) afin d’accéder au cavalier J2.

**INSTALLÉ (ON) (par défaut) =** mode rapide
**NON INSTALLÉ (OFF) =** mode lent

### Mise sous tension du Pro+ de Paradox

Alimenter le détecteur en raccordant les bornes « **AUX+** » et « **AUX-** » du panneau de contrôle aux bornes « **+** » et « **-** » du détecteur (Figure 1). La mise sous tension du détecteur lance un programme d’autotest pour le processeur de signaux, la mémoire et le relais. La DEL verte clignote pendant 35 secondes et le relais suit l’état de la DEL.

### Essai de marche

En mode rapide (J2 = INSTALLÉ), à 20 °C, un humain ne devrait pas pouvoir traverser plus d’une zone complète (consistant en deux faisceaux, détecteurs gauche et droit du capteur) dans la zone de couverture, et ce, peu importe le mouvement effectué : marche lente/rapide ou course. En mode lent (J2 = NON INSTALLÉ), la quantité de mouvement nécessaire à la génération d’une alarme est doublée.

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES	
Type de capteur	élément rectangulaire double, bruit faible, haute sensibilité
Couverture <span> </span> : 110° (standard)	10,6 m x 10,6 m (35 pi x 35 pi)
Hauteur d’installation	2,1 m à 2,7 m (7 pi à 9 pi)
Vitesse de détection	0,2 à 7,0 m/sec (0,6 à 23,0 pi/sec)
Température de fonctionnement	-20 <span> </span> °C à +50 <span> </span> °C (-4 <span> </span> °F à +122 <span> </span> °F) *
Tension	typiquement 11 à 16 Vc.c.
Consommation de courant	maximum 31 mA
Lentille	lentille Fresnel 2ième génération, LODIFF®, faisceaux
Sortie d’alarme	N.F., 28 Vc.c., 0,15 A
Interrupteur de sécurité	N.F., 28 Vc.c., maximum 0,15 A

\* testé par les UL/ULC de 0 °C à +49 °C (+32 °C à +120 °F)

Ce système est conforme à la Sous-partie (B) de la Partie 15 des règles FCC. Son fonctionnement est subordonné aux deux conditions suivantes : (1) ce système ne devrait pas entraîner de brouillage préjudiciable, et (2) ce système doit accepter toute interférence reçue, y compris les types d’interférence pouvant entraîner un fonctionnement indésirable.

#### GARANTIE

Systèmes de sécurité Paradox Ltée (« Vendeur ») garantie, pour une période d’un an, que ses produits ne comportent aucun défaut de pièce ou de main-d’œuvre si utilisés dans des conditions normales. Sauf ce qui est expressément prévu par les présentes, toute autre garantie, expresse ou implicite, légale ou autre, se rapportant à la qualité de la marchandise y compris, sans limiter ce qui précède, toute garantie implicite de qualité marchande et d’adaptation à des fins particulières est exclue. Le Vendeur ne peut garantir la performance du système de sécurité parce qu’il n’installe pas et ne raccorde pas les produits et parce que les produits peuvent être utilisés conjointement avec des produits qui ne sont pas fabriqués par le Vendeur; ce dernier ne doit pas être responsable dans les circonstances découlant de l’incapacité de fonctionnement du produit. L’obligation et la responsabilité du Vendeur en vertu de la présente garantie sont expressément limitées à la réparation ou au remplacement, au choix du Vendeur, de tout produit ne rencontrant pas les spécifications. Les retours sur ventes doivent comprendre une preuve d’achat et doivent être faits dans le délai de garantie. Dans tous les cas, le Vendeur ne sera pas tenu responsable, envers l’acheteur ou toute autre personne, de pertes ou de dommages de quelque sorte, directs ou indirects, conséquents ou accidentels, y compris, sans limiter ce qui précède, de pertes de profits, de biens volés ou de réclamations par des tiers causés par des produits défectueux ou autres résultant d’une installation ou d’un usage impropre, incorrect ou autre de la marchandise vendue.

Malgré le paragraphe précédent, la responsabilité maximale du Vendeur est strictement limitée au prix d’achat du produit défectueux. L’utilisation de ce produit signifie l’acceptation de cette garantie.

MISE EN GARDE : Les distributeurs, les installateurs et/ou autres qui vendent le produit ne sont pas autorisés à modifier cette garantie ou d’apporter des garanties supplémentaires qui engagent le Vendeur.

L'utilisateur est averti que tout changement ou toute modification n'étant pas formellement approuvé(e) par Systèmes de sécurité Paradox pourrait annuler ses droits lui permettant de faire fonctionner/d'utiliser le matériel.

© Systèmes de sécurité Paradox Ltée, 2002-2004. Tous droits réservés. Spécifications sujettes à changement sans préavis. Un ou plusieurs des brevets américains suivants peuvent s’appliquer : US05751803, US05721542, US05287111, US05119069 et US05077549. Des brevets canadiens et internationaux peuvent aussi s’appliquer : #1-302-541 (CAN). ProPlus est une marque de commerce ou une marque de commerce déposée de Systèmes de sécurité Paradox Ltée ou de ses sociétés affiliées au Canada, aux États-Unis et/ou dans d’autres pays. LODIFF® est une marque de commerce déposée de Fresnel Technologies Inc. Lentille LODIFF® : brevet #4,787,722 (États-Unis). Traitement automatique des impulsions du signal : breveté.

## Español

Elija el lugar de instalación del detector, teniendo en cuenta la cobertura y la altura recomendada de 2.1m (7ft). Evite ubicarlo cerca de las siguientes fuentes de interferencia: superficies reflectantes, corrientes de aire provenientes de sistemas de ventilación, ventiladores y ventanas; fuentes de vapor de agua / humo de aceite; objetos que provoquen cambios de temperatura como aparatos de calefacción, refrigeradores y hornos; y fuentes de luces infrarrojas.

Para aplicaciones homologadas por CUL, la unidad debe ser instalada en concordancia con la Parte I del Código Eléctrico Canadiense.

El detector está equipado con un lente estándar Paradox de gran ángulo (WA-1). Para más información acerca de toda la variedad de lentes Paradox, sírvase visitar nuestro sitio Web en www.paradox.ca. Si se necesita otro tipo de lente, elija el lente deseado y:


a) quite la cubierta frontal del detector empujando suavemente la lengüeta de la cubierta con un destornillador.

b) retire el bisel presionando suavemente las lengüetas del bisel

c) retire el lente y reemplácelo con el lente de recambio. (Note que cuando el nuevo lente es instalado correctamente, las ranuras deben estar al interior del bisel y el número de catálogo del lente en la parte superior).

b) ponga el bisel presionándolo suavemente en su lugar. Asegúrese que el lente esta centrado.

Después de seleccionar la ubicación del detector, quite con cuidado la placa de circuito impreso (PCI) **E** desajustando su tornillo **D**. Ver la Figura 2 para determinar qué agujeros hacer para la ubicación de montaje requerida. Pase los cables a través de los dos agujeros de entrada identificados como **C** y conéctelos siguiendo las marcas en la base plástica o como se muestra en la Figura 1.

** **No toque la superficie del sensor pues puede provocar un mal funcionamiento del detector. De ser necesario, limpie la superficie del sensor con un paño delicado y alcohol puro.****

### Ajuste de la Altura de la Placa de Circuito Impreso (PCI)

El Pro+ está diseñado para funcionar de manera óptima a la altura de 2.1m (7ft), pero puede ser instalado a mayor o menor altura. Luego de haber instalado el detector, asegúrese que las marcas de ajuste de altura al lado derecho de la PCI coinciden con la lengüeta al interior de la cubierta trasera (ver “**D**” en la Figura 2).

Por ejemplo, si el detector es instalado a una altura de 2.1m (7ft), la PCI debe entonces ser ajustada a 2.1m (7ft) (Figura 4). Alinee la marca de altura deseada con la lengüeta plástica de la cubierta trasera.

De ser necesaria otra altura de instalación, reajuste la PCI en consecuencia. Todo ajuste efectuado a la PCI debe ser seguido de una prueba caminando en el área protegida. La prueba-caminando sirve para verificar si se tiene la cobertura deseada.

### Configuración de luces LED (J1)

Al detectar un movimiento, la luz LED verde se iluminará por 3 segundos.

**ON (de fábrica) =** Esto habilitará la luz LED verde
**OFF =** Esto deshabilitará la luz LED verde



### Modo Lento / Rápido (J2)

El puente J2 está ubicado dentro del blindaje metálico y su posición de fábrica es “ON” (modo rápido), que es el modo recomendado para la mayoría de las instalaciones. Se sugiere usar el modo lento (puente J2 “OFF”) en áreas con mayor riesgo de falsas alarmas. Use un destornillador pequeño para con cuidado abrir el blindaje metálico **F** (Figura 1) para acceder al puente J2.

**ON (de fábrica) =** Modo Rápido
**OFF =** Modo Lento

### Encendido del Paradox Pro+

Suministre alimentación conectando los terminales “**AUX+**” y “**AUX-**” de la central a los terminales “**+**” y “**-**” del detector (Figura 1). Encender el detector inicia un programa de auto-prueba de señal del procesador, la memoria y relé. La luz LED verde parpadeará durante 35 segundos y el relé seguirá el estado de la luz LED.

### Prueba Caminando

En el modo “rápido” (J2 = ON), a 20 °C, usted no debería ser capaz de atravesar más de una zona completa (consistente de 2 haces, elementos de detección derecho e izquierdo) en el área de cobertura con cualquier tipo de movimiento; corriendo, caminando despacio o rápido. En el modo “lento” (J2 = OFF), se requiere el doble de la cantidad de movimiento para generar una alarma.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Tipo de Sensor	Doble elemento rectangular, baja interferencia, alta sensibilidad
Cobertura: 110° (estándar)	10.6m x 10.6m (35ft x 35ft)
Altura de Instalación	2.1m a 2.7m (7 a 9ft)
Velocidad de Detección	0.2 a 7m/seg. (0.6 a 23ft/seg.)
Temperatura de Funcionamiento	-20°C a +50°C (-4°F a +122°F)*
Tensión	Típico de 11 a 16Vcc
Consumo de Corriente	Máximo 31mA
Lente	Lente Fresnel de 2da generación, LODIFF®, segmentos
Salida de Alarma	N.C., 28Vcc, 0.15A
Interruptor antisabotaje	N.C., 28Vcc, 0.15A Máximo

\* Probado por UL/ULC entre 0°C y +49°C (+32°F y +120°F)

Este dispositivo cumple con la Parte 15 Sub apartado (B) de los reglamentos FCC. Su operación está sujeta a las dos condiciones siguientes: (1) este dispositivo no debe causar severa interferencia, y (2) este dispositivo debe aceptar cualquier interferencia recibida, incluyendo interferencias que podrían causar un funcionamiento no deseado.

#### Garantía

Paradox Security Systems Ltd. (“el Vendedor”) garantiza que sus productos están libres de defectos, tanto materiales como de mano de obra, bajo un uso normal durante un año. Exceptuando lo que se menciona aquí específicamente, todas las garantías expresas o implícitas, sean estatutarias o de otro tipo, cualquier garantía implícita de comerciabilidad y de adaptabilidad a un propósito particular, son expresamente excluidas. Debido a que el fabricante no instala ni conecta los productos y debido a que los productos podrían ser usados en conjunto con productos no manufacturados por el fabricante, el fabricante no puede garantizar el rendimiento del sistema de seguridad. La obligación del fabricante bajo esta garantía se limita expresamente a la reparación o remplazo, según el vendedor, de cualquier producto que no cumpla con las especificaciones. En ningún momento podrá el comprador o cualquier persona hacer responsable al vendedor por cualquier pérdida o daños ocasionados, sean directos o indirectos, incluyendo, pero sin limitarse a esto, cualquier daño por pérdida de beneficios, mercancía robada o reclamaciones realizadas por terceros, que sea causado por artículos defectuosos o se deban al uso incorrecto o a una instalación defectuosas del material.

No obstante el párrafo anterior, la máxima responsabilidad del Vendedor se limitará estrictamente al precio de compra del producto defectuoso. El uso de este producto significa la aceptación de esta garantía.

Se advierte al usuario que todo cambio o modificación que no haya sido claramente aprobado por Paradox Security Systems puede anular la autorización del usuario para operar/usar este equipo.

© 2002-2004 Paradox Security Systems Ltd. Todos los derechos reservados. Las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso. Una o más de las siguientes patentes EE.UU podría aplicarse: US05751803, US05721542, US05287111, US05119069, y US05077549. Patentes canadienses e internacionales también podrían aplicarse: patente #1-302-541 (CAN). ProPlus es una marca de comercioo marca registrada de Paradox Security Systems Ltd. o de sus afiliados en Canadá, Estados Unidos y/o otros países. LODIFF es una marca registrada de Fresnel Technologies Inc. Lente LODIFF®: patente #4,787,722 (EE.UU). Procesamiento Automático de Señales de Pulso: patentada

**ANEXO V**

**ACEPTACION DEL SISTEMA DE ALARMA**

**COMUNITARIA SCA-XBEE**

**ENCUESTA Y TABULACION DE RESULTADOS**

El barrio Azaya cuenta en su actualidad con un sistema de alarma comunitaria que cubre la zona centro y norte del mismo. Este sistema esta basado en la activación mediante llamadas o mensajes vía GSM para lo cual los moradores deben formar parte de un listado de afiliación al sistema.

El sistema SCA-XBEE presenta un funcionamiento diferente que pretende brindar seguridad a los domicilios en la ausencia de sus propietarios.

Una vez instalado el sistema de prueba que muestra el alcance y funcionalidad del mismo se vio necesario realizar un sondeo a los moradores para medir el nivel de aceptación y competencia del SCA-XBEE frente a otros sistemas de seguridad comunitaria.

El proceso tomado fue el siguiente:

Considerando la figura 3-5, como la zona representativa del sistema de alarma comunitaria se tiene un total de 3 manzanas parcialmente consideradas sumando un total de 25 viviendas, 3 espacios no construidos, 1 área de recreación y una institución educativa; por lo que tenemos un promedio de 8 familias por manzana.

La muestra la obtenemos con la siguiente fórmula matemática:

$$\text{tamaño de muestra} = n / (1+n/N)$$

$$T_m = 15 / (1 + 15/25)$$

Determinando una varianza del 15% se obtendría un total de 9,375 encuestas a realizar.

## MODELO DE ENCUESTA

### OBJETIVO GENERAL

Medir el nivel de aceptación del Sistema de Alarma Comunitaria SCA-XBEE en el barrio AZAYA CENTRO, mediante el sondeo de inquietudes que aquejan a los moradores de este sector, a fin de contribuir en el resguardo de su seguridad e integridad trabajando conjuntamente moradores, vecinos y la policía comunitaria.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar los principales actos delictivos a los que se encuentran expuestos los moradores de este sector cuantificando los delitos a fin de brindar apoyo en estas amenazas.

Conocer el comportamiento de víctimas de robos domiciliarios permitiendo apreciar la realidad para poder reforzar y mejorar las opciones de auxilio.

Identificar el rol de la policía comunitaria como única entidad de auxilio y resguardo comunitario midiendo su desempeño para optimizar su labor conjuntamente con la comunidad y el sistema SCA-XBEE.

Conocer la relación de convivencia de vecinos y moradores del barrio midiendo el grado de amistad de los mismos para identificar la posible existencia de organismos comunitarios que brinden auxilio en casos de alerta o amenaza de robo.

1.- Cree usted que ¿En la actualidad la delincuencia se esta haciendo cada vez con mas indiscreción?

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Muy de acuerdo              | ( ) |
| Poco de acuerdo             | ( ) |
| Ni de acuerdo ni desacuerdo | ( ) |
| Muy en desacuerdo           | ( ) |

2.-¿Cómo califica el trabajo policial de su comunidad?

- Muy bueno ( )
- Bueno ( )
- Regular ( )
- Malo ( )

3.- Cree usted que: ¿Se debería organizar grupos comunitarios para contrarrestar la delincuencia?

- Muy de acuerdo ( )
- Poco de acuerdo ( )
- Ni de acuerdo ni desacuerdo ( )
- Muy en desacuerdo ( )

4.- ¿Cómo es la situación amistosa en su barrio?

- Muy buena ( )
- Buena ( )
- Regular ( )
- Mala ( )

5.- ¿Cuál de los siguientes actos delictivos suceden con mayor frecuencia en su barrio?

- Asalto a mano armada ( )
- Violación ( )
- Secuestro ( )
- Robo domiciliario ( )

6.- ¿Su vivienda a sido víctima del robo domiciliario?

- Nunca ( )
- 1 a 2 veces ( )
- 3 a 5 veces ( )
- Mas de 5 veces ( )

---

7.- En caso de haber sido víctima ¿A quien acudió por auxilio?

- |                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Fiscalía                       | ( ) |
| Policía Judicial               | ( ) |
| Unidad policial comunitaria    | ( ) |
| Vecinos y moradores del barrio | ( ) |

8.- De las siguientes opciones, ¿Por cuál se inclinaría usted al ser víctima de un nuevo o posible asalto?

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Fiscalía                    | ( ) |
| Policía Judicial            | ( ) |
| Unidad policial comunitaria | ( ) |
| Organización Comunitaria    | ( ) |

9.- ¿Conoce usted acerca de la existencia de alarmas comunitarias?

- |                |     |
|----------------|-----|
| Mucho          | ( ) |
| Poco           | ( ) |
| Nada           | ( ) |
| No me interesa | ( ) |

10.- ¿Cómo calificaría la idea de crear una alarma comunitaria que trabaje en conjunto con la policía y la comunidad para precautelar la integridad de la vivienda en su ausencia?

- |           |     |
|-----------|-----|
| Muy buena | ( ) |
| Buena     | ( ) |
| Mala      | ( ) |

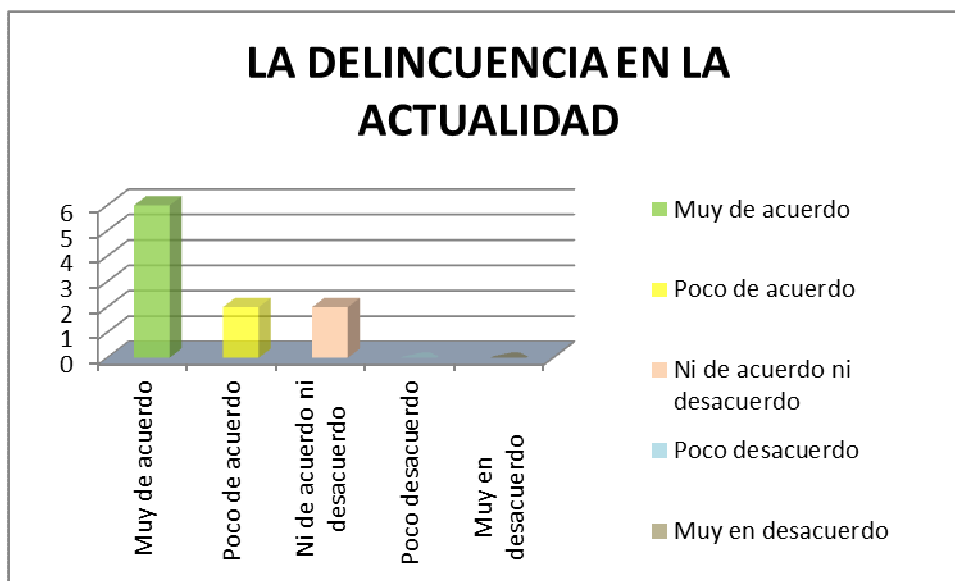
11.-¿Le gustaría ser parte de un organismo comunitario que busque el bienestar de vecinos y moradores de su barrio trabajando conjuntamente con la UPC (Unidad de Policía Comunitaria) basada en los parámetros del sistema SCA-XBEE?

- |    |     |
|----|-----|
| Si | ( ) |
| NO | ( ) |

## TABULACION

1.- Cree usted que ¿En la actualidad la delincuencia se esta haciendo cada vez con mas indiscreción?

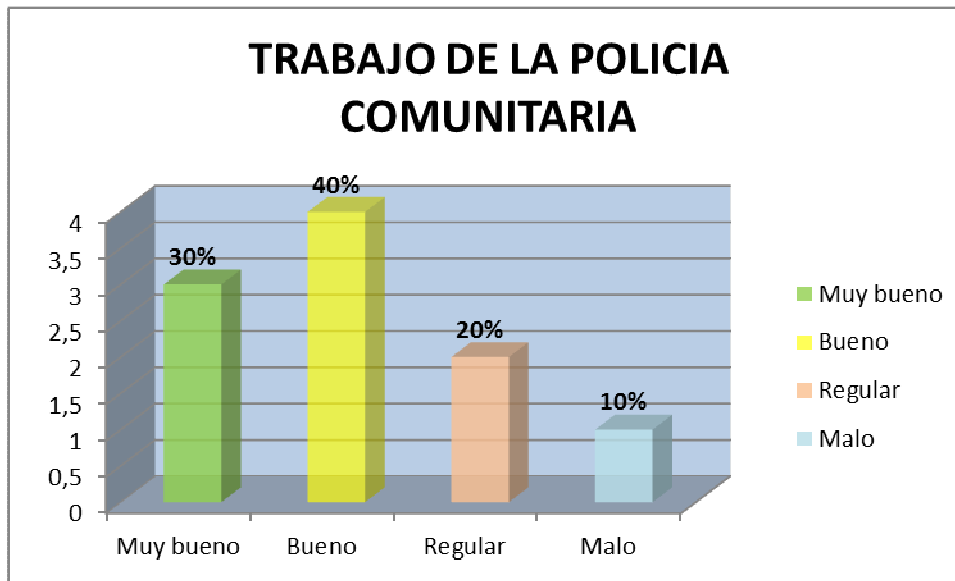
VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Muy de acuerdo	6	60%
Poco de acuerdo	2	20%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	2	20%
Poco desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%
Total	10	100%



Como podemos apreciar en el grafico un 60% se encuentra muy de acuerdo en que la delincuencia hoy en día se está haciendo presente cada vez con mas indiscreción, un 20% se encuentra un poco de acuerdo y el 20% restante optan por estar ni en acuerdo ni en desacuerdo

## 2.-¿Cómo califica el trabajo policial de su comunidad?

VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	3	30%
Bueno	4	40%
Regular	2	20%
Malo	1	10%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

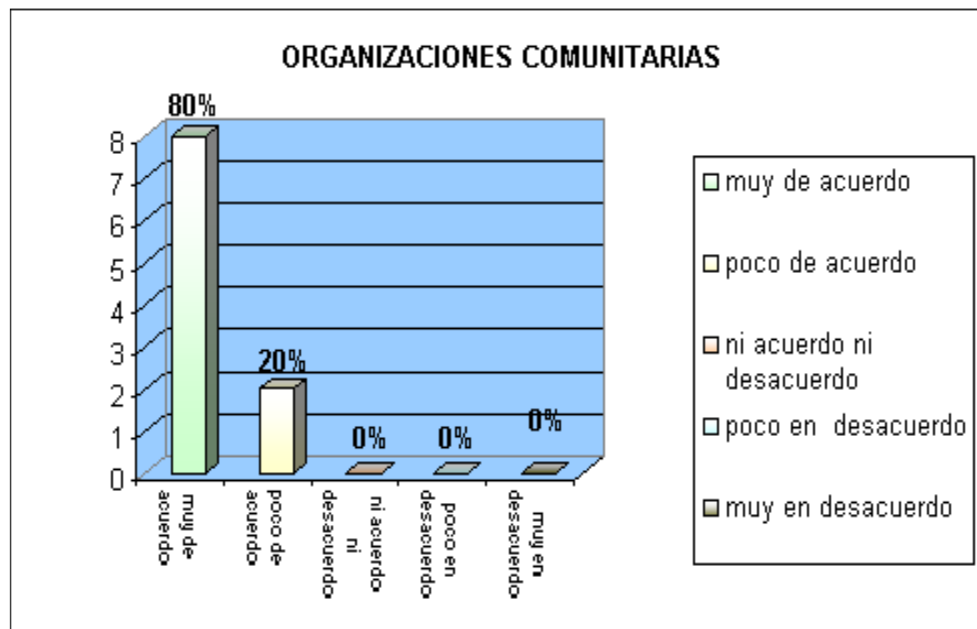


Como muestra el grafico el desempeño de la policía comunitaria es muy bueno en un 30% según la apreciación de las personas, un 40% de los encuestados piensas que es bueno un 20% lo califica como regular y tan solo un 10% como malo.



3.- Cree usted que: ¿Se debería organizar grupos comunitarios para contrarrestar la delincuencia?

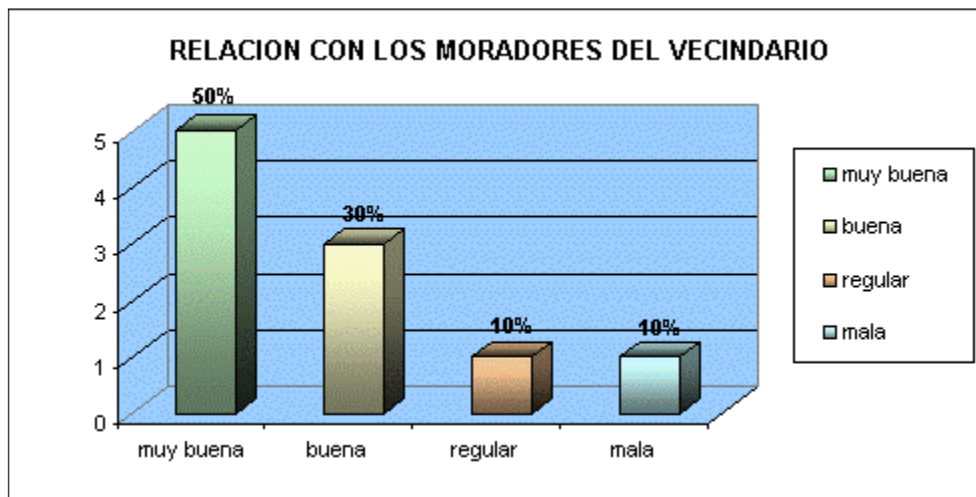
VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Muy de acuerdo	8	80%
Poco de acuerdo	2	20%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	0	0%
Poco desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%
Total	10	100%



Al hablar de organizaciones comunitarias para contrarrestar la delincuencia el 80% de los moradores se encuentran muy de acuerdo con esta iniciativa y el otro 20% poco de acuerdo por lo que se puede apreciar que existe un buen respaldo para realizar el trabajo conjunto que se necesita para llevar a cabo este sistema SCA-XBEE

## 4.- ¿Cómo es la situación amistosa en su barrio?

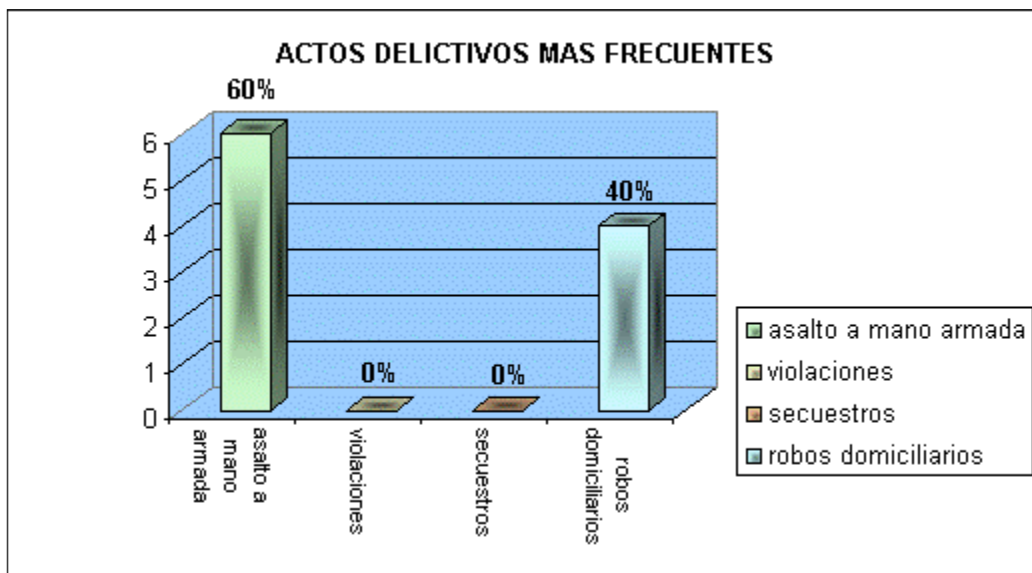
VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Muy buena	5	50%
Buena	3	30%
Regular	1	10%
Mala	1	10%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>



La realidad que muestra este grafico es que el 50% de los moradores tienen una muy buena relación amistosa, un 30% considera buena la relación con el resto del vecindario un 10% la considera regular y el otro 10% la considera mala, tomando en cuenta todas las apreciaciones de las variables podemos contar con un 80% de las personas del vecindario para trabajar en equipos y capacitaciones.

5.- ¿Cuál de los siguientes actos delictivos suceden con mayor frecuencia en su barrio?

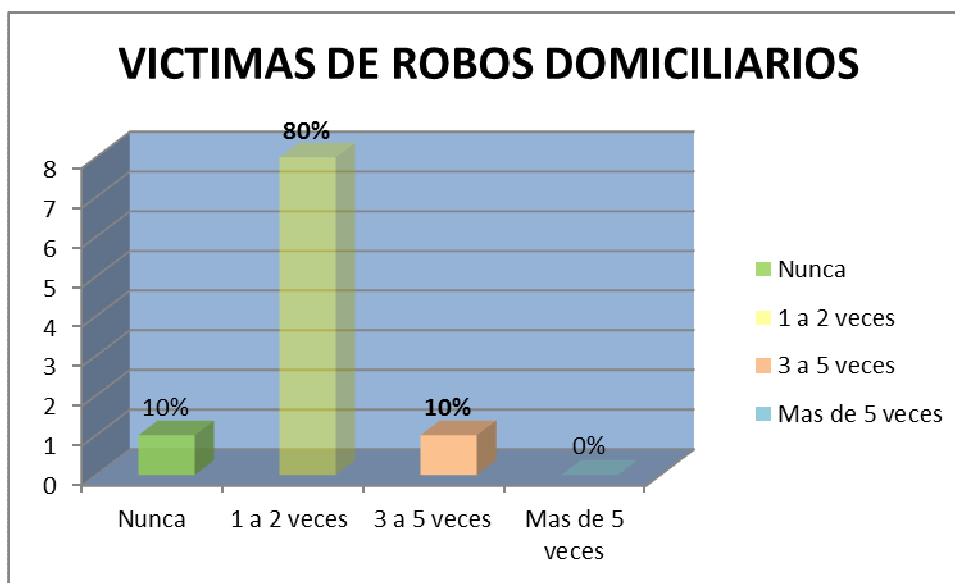
VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Asalto a mano armada	6	60%
Violación	0	0%
Secuestro	0	0%
Robo domiciliario	4	40%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>



Las repuestas a la interrogante de los actos delictivos frecuentes recae sobre asalto a mano armada con un 60% seguido de un 40% en robos domiciliarios, siendo estas dos manifestaciones los principales malestares que aquejan a la comunidad.

## 6.- ¿Su vivienda a sido víctima del robo domiciliario?

VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Nunca	1	10%
1 a 2 veces	8	80%
3 a 5 veces	1	10%
Mas de 5 veces	0	0%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>



Siendo los robos domiciliarios la segunda problemática que atraviesa el barrio azaya el presente grafico muestra que al 80% de las personas encuestadas han sido victimas de estos robos por una o dos ocasiones, un 10% menciona haberlo sido 3 o 4 ocasiones y el otro 10% nunca hasta ahora. Con esta información podemos ver que es necesario parar o por lo menos ahuyentar a estas personas inescrupulosas para que no siga en aumento estos casos.

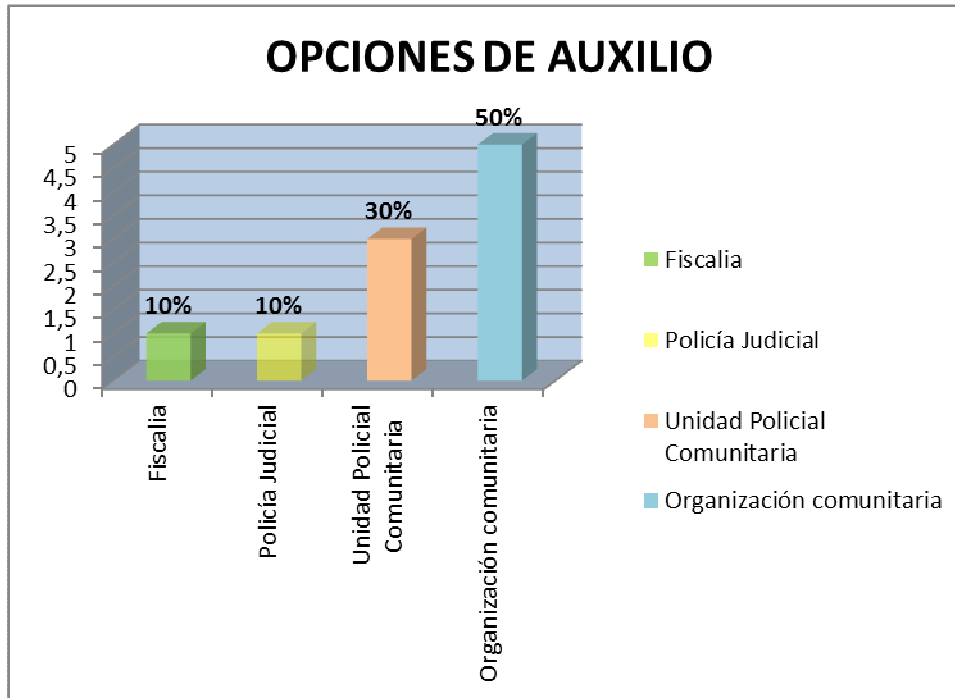
7.- En caso de haber sido víctima ¿A quien acudió por auxilio?

VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Fiscalía	2	20%
Policía Judicial	1	10%
Unidad Policial Comunitaria	4	40%
Vecinos y moradores del barrio	3	30%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

Las personas al verse perjudicadas por estos actos delictivos en su mayoría con un 40% han acudido por auxilio a la policía comunitaria, mientras que el 30% a buscado ayuda en vecinos un 20% a acudido a la fiscalía y el 10% a la policía judicial. Mostrando la gran oportunidad del respaldo que se encuentra en la policía y en los vecinos cercanos, incentiva a que este sistema SCA-XBEE pueda apoyar a la comunidad.

8.- De las siguientes opciones, ¿Por cuál se inclinaría usted al ser víctima de un nuevo o posible asalto?

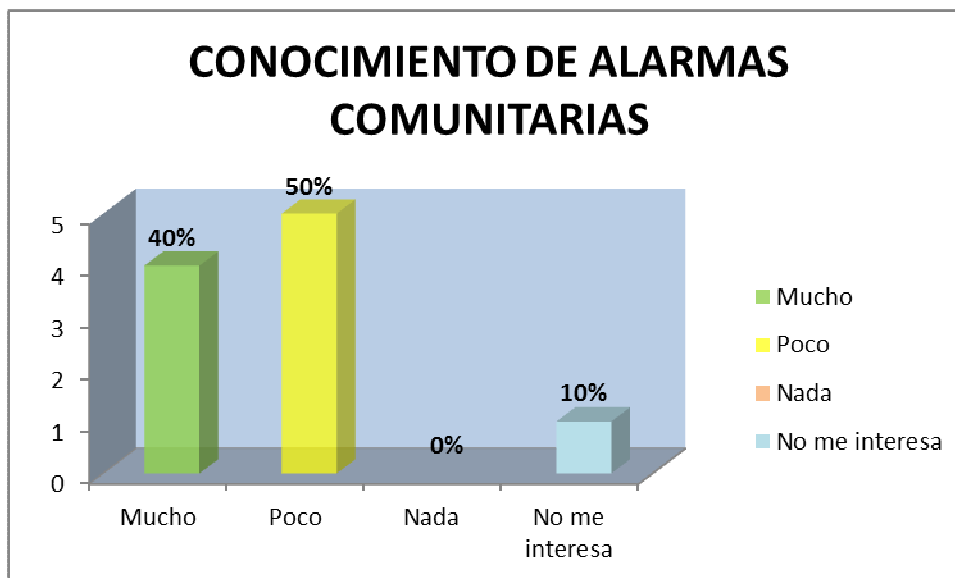
VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Fiscalía	1	10%
Policía Judicial	1	10%
Unidad Policial Comunitaria	3	30%
Organización comunitaria	5	50%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>



Los porcentajes que muestra este grafico son muy claros para seguir avanzando con la iniciativa de la implementación del sistema SCA-XBEE debido a que un 50% recurriría a buscar auxilio a organismos comunitarios un 30% buscaría auxilio a la policía comunitaria un 10% a la policía judicial y el 10% restante a la fiscalía.

9.- ¿Conoce usted acerca de la existencia de alarmas comunitarias?

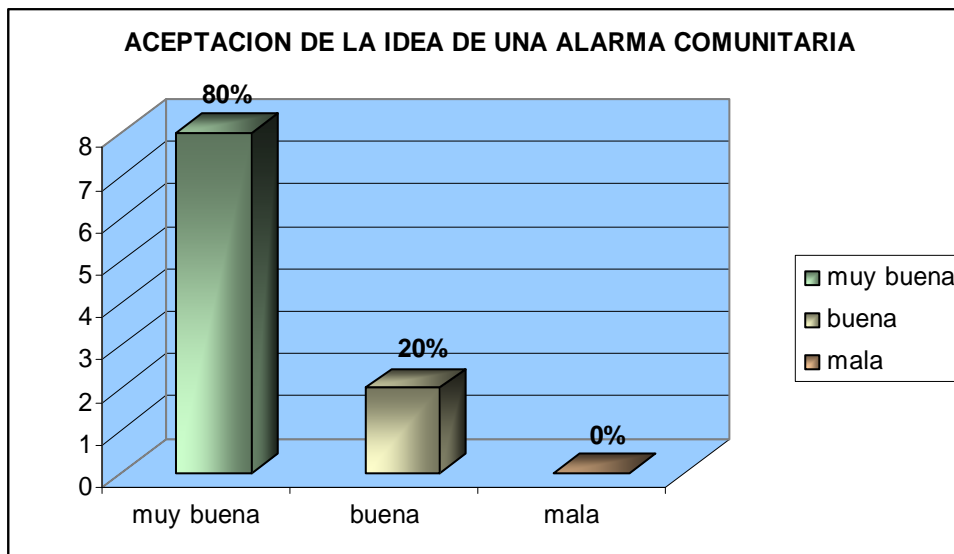
VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Mucho	4	40%
Poco	5	50%
Nada	0	0%
No me interesa	1	10%
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>



Como muestra el 40% de los encuestados conocen mucho acerca de alarmas comunitarias el 50% conoce poco y tan solo el 10% no le interesa conocer. Entonces en un buen punto que por o menos conozcan acerca del tema y tan solo les haría falta familiarizarse con el sistema y proponerse a trabajar en equipo.

10.- ¿Cómo calificaría la idea de crear una alarma comunitaria que trabaje en conjunto con la policía y la comunidad para precautelar la integridad de la vivienda en su ausencia?

VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
Muy Buena	8	80%
Buena	2	20%
Mala	0	0%
<b>Total</b>	10	100%



El 80% de las personas encuestadas califican la idea de crear un sistema de alarma comunitaria como muy buena mientras que el 20% la califica como buena lo que quiere decir que el sistema SCA-XBEE es viable en el barrio azaya centro.

11.-¿Le gustaría ser parte de un organismo comunitario que busque el bienestar de vecinos y moradores de su barrio trabajando conjuntamente con la UPC (Unidad de Policía Comunitaria) basada en los parámetros del sistema SCA-XBEE?

VARIABLE	Cantidad	Porcentaje
SI	8	80%
NO	2	20%
TOTAL	0	0%





Según los resultados obtenidos de las encuestas podemos visualizar que el 80% de las personas estarían dispuestas a trabajar en organismos comunitarios a fin de buscar el bienestar del barrio, y tan solo un 20% no estaría de acuerdo en formar parte de estos grupos. Al obtener este gran porcentaje de coloración lo que haría falta es organizar capacitaciones

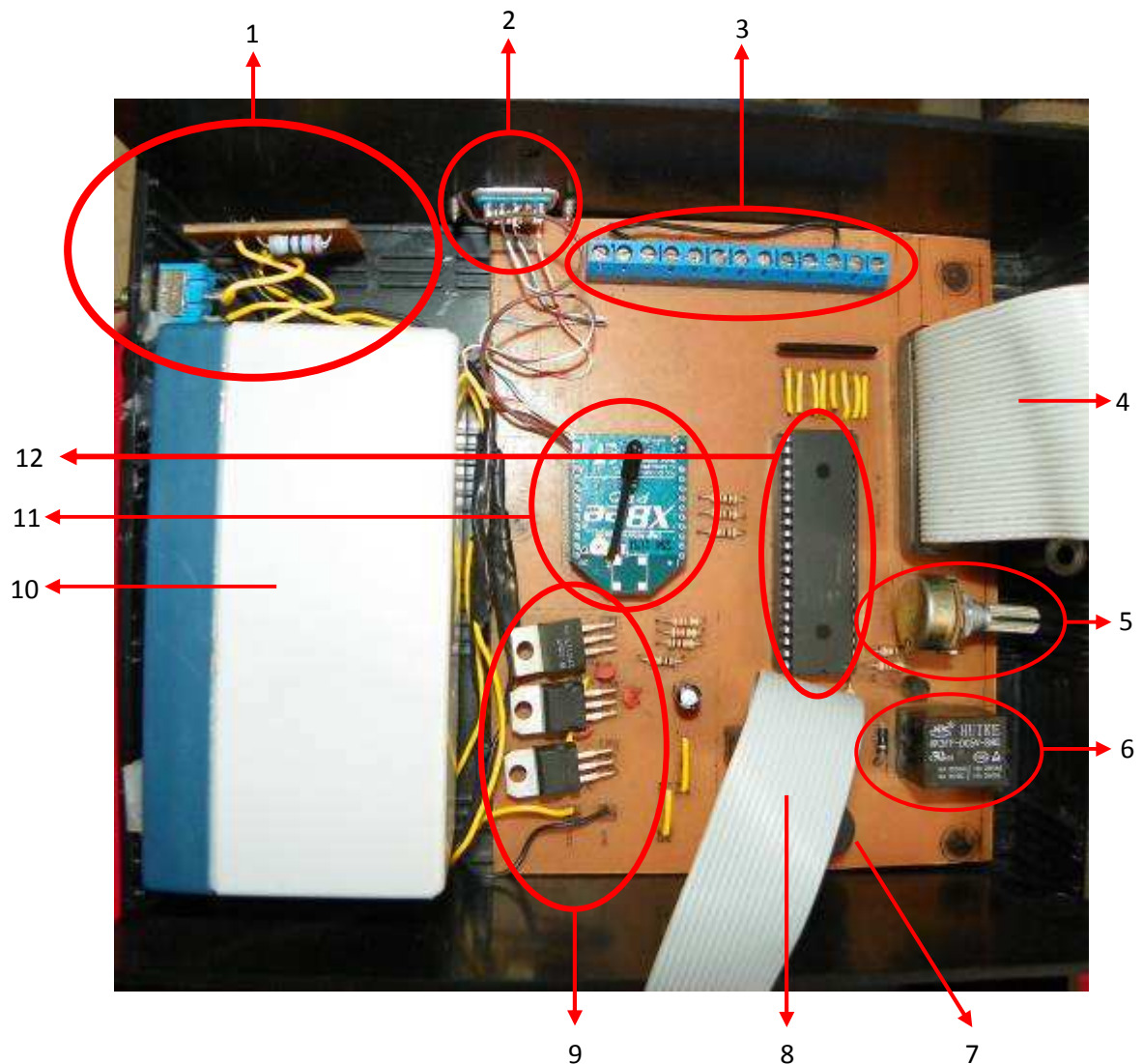
#### RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SONDEO Y TABULACION DE ENCUESTAS

La realidad que atraviesa el barrio azaya centro y el resto de la ciudad es dramática, debido que en la actualidad la delincuencia ha tomado fuerza y, es la principal causa de inseguridad ciudadana.

Como se puede sacar a relucir según los resultados obtenidos de las encuestas, existe una gran oportunidad de aplicar el sistema de alarma comunitaria SCA-XBEE en el barrio azaya centro y poder cumplir el propósito para el cual fue diseñado el sistema que se ajustaría a las características que presenta el sector donde se pretende aplicar el SCA-XBEE.

# ANEXO VI

## REPORTE FOTOGRAFICO



**Fotografía 1.-** Vista interna del modulo SCA-XBEE

1. Circuito flótate de carga
2. Interfase serial para XBEE externo
3. Terminales para sensores y sirena
4. Bus de datos para comunicación con LCD
5. Ajuste de contraste de bus de datos
6. Relee para accionamiento de sirena externa u otro dispositivo
7. Pito interno para indicador de presión de tecla o sensor
8. Bus de datos para teclado matricial
9. Reguladores de voltaje
10. Batería de respaldo de 12v
11. Modulo XBEE PRO con antena whip
12. Microcontrolador 16F887



**Fotografía 2.-** SCA-XBEE amurado e instalado



**Fotografía 3.-** Vista interna de recamara para módulo XBee externo.



**Fotografía 4.-** Detector de movimiento PARADOX instalado.



**Fotografía 5.-** Modulo XBEE instalado de forma externa en vivienda de dos pisos.