



CARÁTULA
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

**TÍTULO: DISEÑO E INVESTIGACION PARA EL AHORRO Y LA
AUTOMATIZACION DE ENERGIA EN EL HOGAR MEDIANTE EL ZIGBEE
CONTROLADO POR UN DISPOSITIVO MOVIL CON SISTEMA OPERATIVO
ANDROID”.**

AUTOR:

WALTER ARTURO CORONEL VERA

TUTOR:

INGENIERO DANIEL BOHORQUEZ

Guayaquil, Ecuador

2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Walter Arturo Coronel Vera**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniería en telecomunicaciones**.

TUTOR (A)

INGENIERO DANIEL BOHORQUEZ

DIRECTOR DE LA CARRERA

ARMANDO HERAS

Guayaquil, a los 5 del mes de Septiembre del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Walter Arturo Coronel Vera

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: “**DISEÑO E INVESTIGACION PARA EL AHORRO Y LA AUTOMATIZACION DE ENERGIA EN EL HOGAR MEDIANTE EL ZIGBEE CONTROLADO POR UN DISPOSITIVO MOVIL CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID**”. Previa a la obtención del Título de **INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 5 del mes de Septiembre del año 2015

EL AUTOR

Walter Arturo Coronel Vera



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, Walter Arturo Coronel Vera

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“DISEÑO E INVESTIGACION PARA EL AHORRO Y LA AUTOMATIZACION DE ENERGIA EN EL HOGAR MEDIANTE EL ZIGBEE CONTROLADO POR UN DISPOSITIVO MOVIL CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 5 del mes de Septiembre del año 2015

EL AUTOR

Walter Arturo Coronel Vera

ÍNDICE GENERAL

Contents	
CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	ix
INDICE DE ILUSTRACIONES	x
INDICE DE TABLA.....	xiii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
Palabras clave	xv
CAPITULO 1	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	xvi
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Justificación	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivos generales	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO 2	20
MARCO TEÓRICO	20
Antecedentes.....	20
2.1. Domótica.....	21
2.2. Definición de Zigbee	25
2.3. Arquitectura del Protocolo ZigBee	27

2.2.1	Capa Física (PHY).....	30
2.2.2	Capa de Control de Acceso al Medio (MAC)	32
2.2.3	Capa de Red (NWK)	33
2.2.4	Capa de Aplicación (APL)	35
2.3	Objetos ZigBee (ZDO)	37
2.4	Características del Zigbee.....	37
2.5	Ventajas y Desventajas de Zigbee	38
2.6	La Topología de Zigbee	39
2.6.1	Coordinador ZigBee	41
2.6.2	Router Zigbee	41
2.6.3	Dispositivo Final	41
2.7	Dispositivos basados en su funcionalidad	42
2.7.1	Dispositivos de funcionalidad completa (FFD).....	42
2.7.2	Dispositivos de funcionalidad reducida (RFD)	42
2.8	Especificaciones Zigbee	43
2.8.1	Teclas de Red Zigbee	44
2.9	Configuración de red de para casa Domótica	45
2.10	Evaluación de seguridad de red de Zigbee.....	47
2.11	Tecnología de Red.....	49
2.11.1	La línea eléctrica.....	49
2.11.2	La línea de Autobús.....	49
2.11.3	Tecnología inalámbrica	50
2.12	Diseño del Sistema Domótico Inalámbrico.....	53
CAPITULO 3		57
EL ANALISIS, CONFIGURACION E INSTALACION		57
3.1	Software X-CTU	57

3.1.1	Configuración de los XBee en modo API.....	59
3.1.2	Configuración del XBee en modo Router	60
3.1.3	Configuración de los XBee en modo AT.	63
3.2	Pruebas de la configuración del Hardware	64
3.2.1	Pruebas en modo API.....	64
3.2.2	Pruebas en modo AT	67
3.3	Implementación de los circuitos electrónicos ubicados entre los dispositivos del Protocolo ZigBee y los dispositivos a controlar.....	68
3.3.1	Circuito Pre-Actuador Focos.....	68
3.3.2	Circuito Pre-Actuador Sirena	69
3.3.3	Circuito Pre-Actuador Sensor de Humo.....	70
3.3.4	Circuito Pre-Actuador Sensor de Movimiento.....	70
3.4	Ubicación de los circuitos y componentes en el hogar.....	71
3.4.1	Circuito de iluminación de la habitación.....	71
3.4.2	Ubicación del circuito para el sensor de movimiento	72
3.4.3	Ubicación del circuito para el sensor de humo.....	72
3.4.4	Ubicación del circuito para la sirena	74
3.4.5	Ubicación del circuito de iluminación de la oficina.....	74
3.5	Implementación en dispositivo móvil.....	75
3.5.1	Desarrollo del Módulo del Técnico (Servidor)	75
3.5.2	Instalación del JDK (java).....	75
3.5.3	Instalación de MySQL.....	76
3.5.4	Instalación de Librerías necesarias.....	78
3.5.5	Desarrollo	79
3.6	Pruebas del Servicio de Comunicación	81
3.6.1	Pruebas de conexión con la Base de Datos.	81

3.6.2	Prueba de listado de Usuarios.....	83
3.6.3	Pruebas de Modificación de Usuarios	83
3.6.4	Pruebas de Eliminación de Usuarios	84
3.8	Implementación del Cliente en Android.....	84
3.8.1	Pruebas en la plataforma Android	86
3.9	Domótica con la aplicación Solidmation.....	87
3.9.1	Iluminación.....	89
3.9.2	Cámaras	89
3.9.3	Medición del Consumo	89
3.9.4	Control infrarrojo	90
3.9.5	Cerraduras	90
3.9.6	Climatización.....	90
3.9.7	Alarmas de Seguridad	91
3.9.8	Cortinas	91
3.9.9	Música	91
3.9.10	Piscina y Riesgos.....	92
3.9.11	Acciones	92
3.9.12	Mensajes y Alertas	93
CAPITULO 4		93
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, APORTACIONES Y ANEXOS .		93
CONCLUSIONES.....		93
RECOMENDACIONES		95
ANEXOS.....		97
ANEXOS 2.....		100
ANEXOS 3.....		101
Bibliografías		103

AGRADECIMIENTO

Es muy satisfactorio sentir la culminación de mi trabajo de titulación, le agradezco mucho a Dios porque gracias a sus bendiciones he logrado salir adelante en situaciones que han sido muy duras a lo largo de mi carrera ya sea por exámenes tutorías lecciones exposiciones de una u otra manera las bendiciones de Dios intervinieron para poder salir adelante en cada semestre y más aun en la lucha de poder culminar mi trabajo de tesis a tiempo.

Le doy gracias a mi mama ya que ella desde pequeño ha sido un padre y una madre para mí, sin el apoyo de ella y la lucha que ha ido haciendo conmigo semestre a semestre para poder estudiar pagando a tiempo las pensiones de la universidad para poder rendir exámenes y no quedarme por falta de pagos y por su ayuda cuando se me ha quedado algún trabajo y ella ha buscado la manera de hacerme llegar ese trabajo y poder presentarlo a tiempo.

Le doy las gracias a mi gran amigo Gonzalo Fraga que de una u otra manera me ha ido apoyando cuando ya ha visto una materia me da pautas para no hacer los errores que el cometió, me ayudo a conseguir mis últimas pasantías y con ello a trabajar hasta la actualidad una vez terminada el mes de pasantías, me ha ido apoyando también en este trabajo de titulación revisando las cosas que no tenía bien en claro me iba explicando y motivando para que la entregue a tiempo.

Le agradezco a mis profesores cada uno influyo para que pueda desenvolverme poco a poco en mi vida profesional, hubieron unos profesores que me la pusieron muy difícil pero así mismo me toco dar más de mí y demostrar que si estaba apto para pasar la materia, cada materia pasada era un paso más cerca y a su vez era una experiencia donde fui aprendiendo algo nuevo.

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1 Casa Domotica</i>	22
<i>Figura 2 Interior de una casa Inteligente</i>	23
<i>Figura 3 Interconectividad entre los dispositivos</i>	24
<i>Figura4. Dispositivo Zigbee</i>	
<i>Figura 5 Pines del Zige</i>	27
<i>Figura 6. Arquitectura del Protocolo Zigbee</i>	28
<i>Figura 7 Aplicación de las 4 capas</i>	29
<i>Figura 8 Conectar la capa PHY con la capa MAC</i>	30
<i>Figura 9 Modelo referencia basado en la Subcapa MAC</i>	32
<i>Figura 10 Modelo de referencia de la capa NWK</i>	34
<i>Figura 11 Capa de Aplicación APL</i>	35
<i>Figura 12. Protocolo Zigbee</i>	36
<i>Figura 13. ZigbeeDevice Roles</i>	40
<i>Figura 14. TopologíaZigbee</i>	41
<i>Figura 15. Configuración de Red</i>	46
<i>Figura16. Pantalla de Embedded Workbench</i>	46
<i>Figura 17. ataque físico con identificación de la llave</i>	48
<i>Figura 18. Ataque NONCE y XOR</i>	48
<i>Figura 19. Tecnología Inalámbrica Zigbee</i>	50
<i>Figura 20 Comparacion del diseño Inalambrico</i>	53
<i>Figura 21 planta baja de la casa domótica</i>	55
<i>Figura 22 Planta alta de la casa domótica</i>	56
<i>Figura 23 software X-CTU</i>	57
<i>Figura 24 Configuración del puerto</i>	58
<i>Figura 25 Configuración del puerto COM</i>	59
<i>Figura 26 Configuración del dispositivo como Coordinador</i>	60
<i>Figura 27 Configuración del dispositivo como Router</i>	61
<i>Figura 28 Visualización del SH – SL del dispositivo</i>	63

<i>Figura 29 Configuración del dispositivo de modo AT</i>	64
<i>Figura 30 del Voltaje en el dispositivo XBee.</i>	65
<i>Figura 31 para habilitar el PIN D3 del dispositivo XBee.</i>	65
<i>Figura 32 Tramas para deshabilitar el PIN D3 del dispositivo XBee.</i>	67
<i>Figura 33 Circuito con un Foco en la Habitación</i>	68
<i>Figura 34 Circuito Foco Oficina</i>	69
<i>Figura 35 Circuito Sirena</i>	69
<i>Figura 36 Circuito Sensor de Humo</i>	70
<i>Figura 37 Circuito Sensor de Movimiento.</i>	70
<i>Figura 38 Instalación del circuito de Iluminación de la Habitación</i>	71
<i>Figura 40 Instalacion del Sensor de Movimientos</i>	72
<i>Figura 41 Instalación del Sensor de Humo</i>	73
<i>Figura 42 Circuito para el Sensor de Humo</i>	73
<i>Figura 43 Instalación del Circuito de la Sirena</i>	74
<i>Figura 44 Instalación del circuito de Iluminación de la Oficina</i>	74
<i>Figura 45 Propiedades de WampServer 2.0</i>	78
<i>Figura 46 Inicio de Sesión</i>	79
<i>Figura 47 Opciones del Módulo del Servidor</i>	80
<i>Figura 48 Opciones de Roles y Usuarios</i>	80
<i>Figura 49 Opciones Dispositivos XBee</i>	81
<i>Figura 50 Mensaje de usuario y contraseña obligados</i>	82
<i>Figura 51 Mensaje de error al asignar los roles</i>	82
<i>Figura 52 Mensaje de confirmación de datos correctos</i>	82
<i>Figura 53 Listado de los Usuarios con sus roles respectivos</i>	83
<i>Figura 54 Mensaje de datos modificados correctamente</i>	84
<i>Figura 55 Mensaje de que se ha eliminado correctamente el usuario</i>	84
<i>Figura 56 Inicio de sesión del Cliente Android</i>	85
<i>Figura 57 Opciones del cliente Android</i>	86
<i>Figura 58 Usuario o contraseña incorrectos</i>	86
<i>Figura 59 Encendido o apagado de la iluminación</i>	86
<i>Figura 60 Opciones de la planta Alta</i>	87
<i>Figura 61 El cerebro de la casa Inteligente</i>	88

<i>Figura 62 El Nexo con los artefactos del hogar</i>	88
<i>Figura 63 Complementos Inteligentes</i>	88
<i>Figura 64 Iluminación</i>	89
<i>Figura 65 Cámaras</i>	89
<i>Figura 66 Medición del consumo</i>	89
<i>Figura 67 Control Infrarrojo</i>	90
<i>Figura 68 Cerraduras</i>	90
<i>Figura 69 Climatización</i>	90
<i>Figura 70 Alarmas de Seguridad</i>	91
<i>Figura 71 Cortinas</i>	91
<i>Figura 72 Música</i>	92
<i>Figura 73 Piscina y Riesgo</i>	92
<i>Figura 74 Acciones</i>	92
<i>Figura 75 Mensajes y Alertas</i>	93
<i>Figura 76 Hogar Domotico ya instalado</i>	97
<i>Figura 77Comodidad en cualquier lugar</i>	97
<i>Figura 78 HPA - 2140</i>	98
<i>Figura 79 HPA – 2160</i>	98
<i>Figura 80 HPA - 2300</i>	98
<i>Figura 81 Domótica Precio Inicial</i>	99
<i>Figura 82 Modulos XBee Seires 2</i>	100
<i>Figura 83 Colocación de Zigbee en el Dormitorio</i>	101
<i>Figura 84 Circuito armado para la alimentación del dormitorio</i>	102

INDICE DE TABLA

<i>Tabla 1 Comparaciones entre XBee Series 1 – XBee Series 2.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Características técnicas de la capa física.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3. Características de las redes inalámbricas utilizadas en aplicaciones de casas inteligentes</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 4 Comparación del Zigbee con otras tecnologías inalámbricas</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7 Tipos de tramas API en el protocolo ZigBee</i>	<i>62</i>

RESUMEN

En este trabajo escrito vamos a poder observar que no es necesario tener grandes recursos económicos para convertir tu hogar en casa inteligente, en este trabajo de titulación se va a demostrar y explicar paso a paso como hacer implementaciones básicas como en el caso de un hogar con un estatus económico medio sin tener que pagar una gran cantidad de dinero por mandarlo hacer con otros dispositivos más lujosos y costosos, pudiendo usar otros dispositivos más sencillos y económicos como es el Zigbee.

El ZigBee o más comúnmente llamado como XBee puede ser controlado mediante un celular inteligente que sea exclusivamente Android con un sistema operativo de 4.2.2 en adelante algo que no es tan difícil en la actualidad puesto que ahora la mayoría de celulares inteligentes vienen con el 5.0.

También se puede controlar por medio de una laptop o computadora de escritorio con Windows 7 en adelante, en una investigación de los dispositivos Zigbee en nuestro País están alrededor de \$70 a \$130 en el mercado, algo que es accesible para las personas con recursos económicos medio en adelante.

ABSTRACT

In this brief paper we will be able to observe that it is not necessary to have large financial resources to turn your home in smart home, this paper degree will demonstrate and explain step by step how to do basic implementations as in the case of a home with average economic status without having to pay a lot of money to send to other more luxurious and expensive devices and can use other simple and inexpensive devices such as Zigbee.

The ZigBee or more commonly known as XBee can be controlled by a smart phone that is exclusively with Android OS 4.2.2 onward something that is not so difficult today because now most smart phones come with 5.0 .

It can also be controlled through a laptop or desktop computer with Windows 7 onwards, in an investigation of ZigBee devices in our country are around \$ 70 to \$ 130 in the market, which is accessible to people with economic resources means onwards.

Palabras clave

SIGLAS / SIGNIFICADO	TRADUCCION
OSI / Open System Interconnection	Interconexión de Sistemas Abiertos
MAC / Medium Access Control	Control de Acceso al Medio
NWK / Network Wireless Keyboard	Conexión de Teclado Inalámbrico
APL / Array Processing Language	Arreglo del Procesamiento del Lenguaje
ZDO / Zigbee Device Object	Objeto de Dispositivo Zigbee
DSSS / Direct Sequence Spread Spectrum	Secuencia Directa de Espectro Ensanchado
GTS / Guaranteed Time Slot	Ranura de Tiempo Garantizado
AES / Advanced Encryption Standard	Estándar de Cifrado Avanzado
APS / Application Support	Aplicaciones de Apoyo
CSMA /Carrier Sense Multiple Access	Acceso Múltiple de Sentido Portador
WPAN / Wireless Personal Area Network	Redes Inalámbricas de Área Personal
PHY / Physical Signaling Layer	Capa de Señalización Física.
SAP / Session Announcement Protocol	Protocolo de Anuncio de sesión
FFD / Full Function Devices	Dispositivos de Funciones Llenas
RFD / Reduced Function Devices	Dispositivos de Función Reducidos
QPSK / Quadrature Phase-Shift Keying	Pulsación de Cambio de fase de Cuadratura
ASK / Amplitude-Shift Keying	Pulsación de Cambio de Amplitud
BPSK / BINARIE PSK	BINARIO PSK
GFSK / Gaussian Frequency Shift Keying	Modulación por Desplazamiento de Frecuencia Gausiana
ICRF / Radio Frequency Integrated Circuit	Radio Frecuencia de Circuito Integrad

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo se ha venido experimentando la revolución tecnológica en los últimos 50 años que se ha venido ajustando en las diferentes facetas de las personas en el día a día, a partir de los 60 se ha ido avanzando en el desarrollo de la electrónica y nuevas tecnologías orientadas en las comunicaciones, han ido generando un cambio en la vida de la mayoría de las personas que viven en el entorno globalizado en donde todo se basa a la conectividad de dispositivos.

Con el tiempo los hogares tradicionales se han ido convirtiendo en hogares inteligentes que van incorporando herramientas de la domótica para su comodidad ya sea para poder controlar dispositivos con el celular en donde pueda apagar y encender las luces desde un dispositivo móvil con sistema operativo Android, no tanto para comodidad sino también para ahorro de energía más que todo en los hogares inteligentes tienden a un consumo mayor de energía por la cantidad de aparatos electrónicos, este proyecto con fines académicos está orientado a implementar un sistema de control de accesos enfocado a la domótica para el hogar.

La aplicación de este proyecto, en la industria como en los hogares inteligentes está orientada a facilitar el proceso de acceso y aumentar los niveles de control y seguridad para beneficiar en general la forma en que las personas interactúan con su hábitat. En esta investigación se presentara un avance de nuevas tecnologías pero de una perspectiva endógena, en donde se va abriendo una posibilidad para fortalecer una industria local de la domótica que se enfocara en el desarrollo de una solución a las necesidades de las personas ya sea para un hogar inteligente o para una industria que exija facilidad y comodidad por medio de la tecnología en circuitos integrados como es el Zigbee.

1.1. Planteamiento del problema

En el mundo moderno cualquier actividad que no se pueda realizar de una manera eficiente, rápida y sobretodo segura mediante una manera remota representa una gran desventaja para mejorar la calidad de vida, la automatización de herramientas y tecnologías de la información y las telecomunicaciones, no es solo un capricho, sino una necesidad, ya que la tecnología sigue avanzando y buscando diferentes medios de poder controlar los dispositivos electrónicos a su manera.

En la actualidad todo se maneja con electricidad y más aún en las casa domóticas que están mejor equipadas con varios equipos electrónicos que son beneficiosos para una mejor calidad de vida, estos equipos Domóticos y lujosos a su vez generan un alto consumo en las planillas eléctricas.

Hay labores tan comunes como encender y apagar un foco en cualquier lugar de la casa o abrir y cerrar una ventana o puerta casa se convierte en un problema al no poderlo hacer de una manera más rápida y segura sin tener que hacerlo de una manera manual en donde la persona deba realizar un esfuerzo físico, ya que una casa domótica se caracteriza no solo por tener artefactos de valor y llamativos, sino también por tener todas las comodidades que brinda la domótica.

1.2. Justificación

El Zigbee es el conjunto de sistemas que automatizan la iluminación, apertura y cierre de puertas – ventanas en una vivienda, se utiliza con el propósito de conseguir mejores condiciones de vida en las personas que adquieran este dispositivo tanto para su comodidad, seguridad y generar un ahorro eléctrico, ya que en esos hogares demóticos tienen muchos artefactos que funcionan con electricidad.

Hay otros dispositivos que hacen lo mismo que el Zigbee pero son mucho más costosos y tienen una instalación más compleja. Con la implementación del Zigbee en una casa domótica será más fácil y cómodo realizar tareas como abrir y cerrar una ventana o puerta de una manera en que la persona no tenga que realizar un esfuerzo físico para realizar esta labor, sino simplemente desde su dispositivo móvil, que por lo general lo tienen siempre cerca, van a poder realizar esa labor de una manera más cómoda usando una aplicación compatible con su sistema operativo, no solo cerrar alguna puerta o ventana sino también poder encender y apagar las luces sin tener que bajar o subir las escalares y llegar hasta el cuarto, cocina, baño, patio, etc.

En el mercado actual hay varias aplicaciones de alto nivel sobre este tipo de temas, en las cuales la mayoría tienen precios muy elevados con fines de una experiencia de lujo y no para desarrollar alguna actividad específica como lo hace el Zigbee.

Este tema de tesis trata de cubrir las necesidades de poder experimentar una comodidad en el hogar ya que desde un dispositivo móvil o una laptop se podrá tener control de todo en una casa domótica no solo por comodidad sino también para minimizar el consumo eléctrico que son elevadas por la mala cultura de ahorro que se tiene en un hogar.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Diseñar un sistema domótico inalámbrico basado en el protocolo de redes de comunicación Zigbee por medio de un dispositivo móvil, que pueda monitorear todo el sistema de una casa domótica, no solo para una mejor calidad de vida, sino también para una eficiencia del consumo eléctrico a un precio accesible.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Analizar en donde puede ser más factible y necesaria la implementación de este dispositivo, ya que no todas las personas tienen el mismo nivel económico.
2. Determinar el coste total que necesitaría la implementación de este dispositivo en toda la casa, no solo cotizarlo sino instalarlo.
3. Conocer su funcionamiento y todos los beneficios que puede darle a la persona que adquiera este dispositivo.
4. Pensar más allá de poder instalarlo en un hogar domótica, ya que también puede ser en una empresa.
5. Analizar los posibles problemas que se pueden presentar en la implementación de este dispositivo en el hogar.
6. Conocer el alcance de este dispositivo y con qué protocolos trabaja para su compatibilidad, como su sistema operativo.
7. Análisis del ahorro de energía que Zigbee brindaría al usuario en un tiempo determinado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

El auge de la domótica en estos últimos años en los países más desarrollados ha tenido un gran impacto en cuanto a la economía y una mejora en el estilo de vida de los habitantes con respecto a la comodidad y facilidad ya sea en el hogar o en el área de trabajo.

Países en vías de desarrollo como el nuestro no han sido pioneros en este campo de los hogares inteligentes, sin embargo la domótica se ha podido implementar en ciertos sectores como la Puntilla que tienen un estatus económico más elevado.

La implementación de un sistema domótico tanto general como parcial no está destinada para un sector limitado de nuestra sociedad, ya que los dispositivos e instalación no son tan costosos como otros modelos más lujosos en hogares Domóticos que pueden ser demandado por un estatus social medio, medio alto y alto.

2.1. Domótica

En los hogares Domóticos hay varias aplicaciones de tecnologías innovadoras, en especial el interés en mejorar y optimizar la comodidad, seguridad, consumo de energía y el nivel de comunicación y la interfaz entre el hombre con la eléctrica y electrónica ahora una parte integral de la vida doméstica.

La domótica permite un aumento en la calidad de "vivir en casa" del periódico, así como para hacer de su casa o edificio más amplio, seguro, funcional y de prestigio. El potencial de la domótica es teóricamente infinito. Porque siempre nuevos dispositivos se pueden integrar en un sistema de automatización del hogar, abierto y flexible. Posibles aplicaciones pueden ser las más dispares, pero con ganas de una lista de las áreas más importantes de la aplicación, una duda se puede decir que la automatización puede no importar:

- ❖ Control de la iluminación
- ❖ Control y automatización (persianas, contraventanas, persianas, velux, puertas, puertas basculantes, puertas, ventanas, ...)
- ❖ Controlar enchufes e interruptores controlables (posibilidad de tomas de control de la dieta para los propósitos de la unidad de control de ahorro de energía y la seguridad)
- ❖ Climatización (calefacción, refrigeración, deshumidificación)
- ❖ Control de consumo (seguimiento y control del consumo de energía eléctrica)
- ❖ La seguridad en función de la persona: el robo, intrusión
- ❖ Función de seguridad en el hogar: el fuego, el humo, la detección de fugas de gas, inundaciones
- ❖ Control de riego
- ❖ El control de las saunas y piscinas
- ❖ Funcionalidad de video vigilancia dentro y fuera
- ❖ Entrada de vídeo
- ❖ Integración con audio / video

- ❖ Integración inalámbrica (control a través de dispositivos inalámbricos, como mandos a distancia, las computadoras de mano, ...)
- ❖ Control remoto (control del sistema de forma remota, a través de Internet o el teléfono móvil)

MyHabeetat es un Software que funciona para Android, funciona como un sistema de automatización del hogar extremadamente sofisticada y flexible, a través del cual la persona en el hogar inteligente va a poder controlar todas las funciones de su casa o su edificio en una interfaz intuitiva, sencilla y más fiable

Eso no será posible mediante el uso de interfaces gráficas muy personalizados, diseñados y construidos como lo hace con un juego adaptado especialmente envasada según la persona que va a llevar. Porque ya que cada edificio único e inconfundible, ya que debe ser único e inconfundible también el sistema que lo controla.

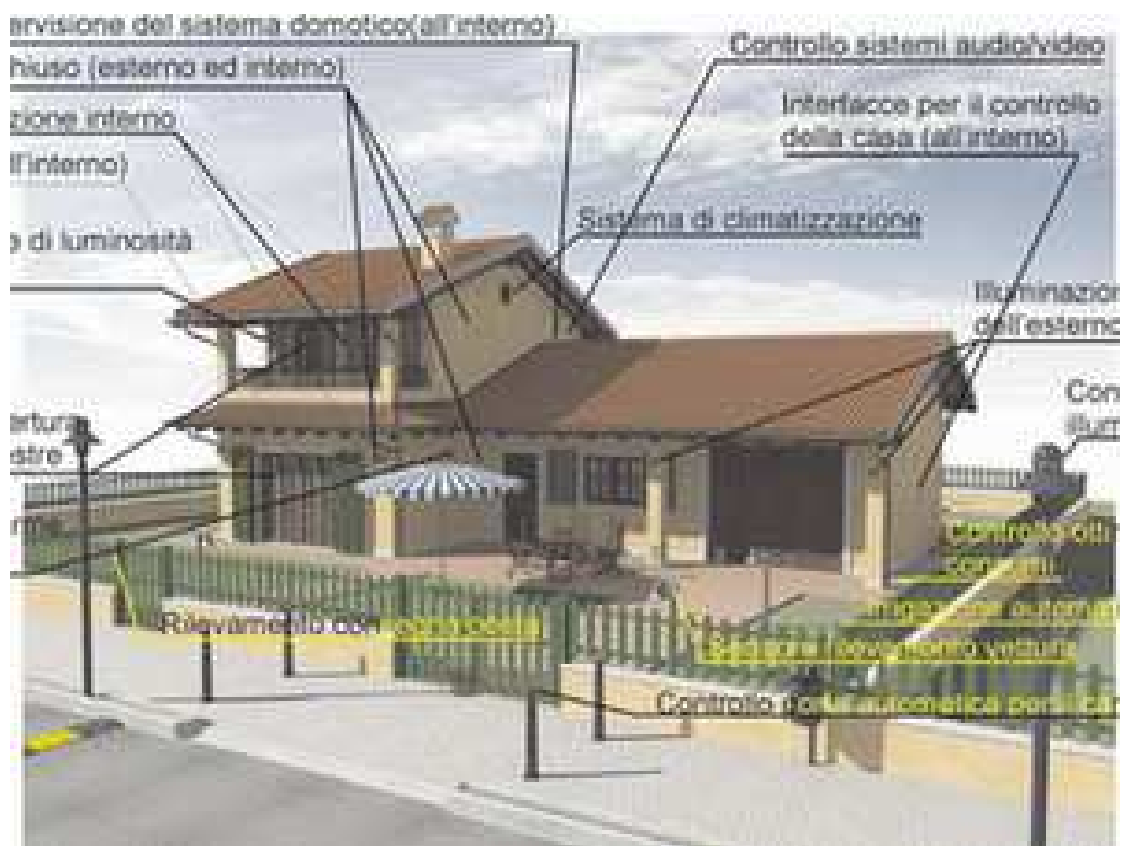


Figura 1 Casa Domotica
(Energim, 2012)

A través de pantallas táctiles (Touch Screen) de alto rendimiento puede con el toque de un dedo para controlar todos los dispositivos eléctricos instalados en su propiedad. También puede comprobar el estado y lo que le dará inmediata y precisa la supervisión de lo que está sucediendo.

Ahora es posible encender la lámpara, ajustar la intensidad, ventanas abiertas o cerrar, ajustar temperaturas, activar la unidad de alarma, ver las cámaras, compruebe saunas, piscinas en lugar de regar el jardín, administrar sistemas de audio o remotamente controlar su casa desde ubicación remota. O puede distribuir y fiabilidad de los archivos de audio y video compartidos, recurriendo a diferentes salas con eficacia.



Figura 2 Interior de una casa Inteligente
(Energim, 2012)

También la casa Domótica se comunicará con la persona y le avisa en caso de alarma (humo, fugas de gas, inundaciones, falta de energía eléctrica, incluso si está lejos, puede crear escenarios que traerán su estado de origen que desee, por ejemplo, mediante el cierre de las persianas de la sala de estar, ajustando la intensidad de la iluminación de las lámparas y la difusión de la música que te gusta.

La persona puede programar la sincronización automática que con la periodicidad indicada por usted, llevará a cabo en sus propias operaciones que usted desea aliviar de tener que en varias ocasiones se debe cuidar, no sólo. Su casa se comunicará con usted y le avisa en caso de alarma (humo, fugas de gas, inundaciones, falta de energía eléctrica), incluso si usted está lejos.

Puede crear escenarios que traerán su estado de origen que desee, por ejemplo, mediante el cierre de las persianas de la sala de estar, ajustando la intensidad de la iluminación de las lámparas y la difusión de la música que te gusta. Se podrá programar la sincronización automática que con la periodicidad indicada por usted, llevará a cabo en sus propias operaciones que usted desea aliviar de tener que en varias ocasiones se debe cuidar.



Figura 3 Interconectividad entre los dispositivos
(Energim, 2012)

La personalización se realiza con el diseño e implementación de plantas interactivas propiedad específica, y la interfaz gráfica impulsada por el cliente permite un control inmediato y preciso de los dispositivos, a petición del cliente se pueden reproducir incluso en la decoración de la casa.

Otra ventaja es que se puede crear vistas laterales de la casa o el edificio y directamente entrar en la misma foto, para que se pueda elegir entre varios tamaños de la pantalla táctil de marcos personalizables lo que hacen estilísticamente adaptarse a cualquier ambiente.

Las opciones tecnológicas tomadas en el desarrollo de productos hacen MyHabeetat un alto rendimiento en términos de velocidad de respuesta a los comandos, la capacidad de almacenamiento de los escenarios, temporizadores y eventos, así como la posibilidad de expansión e integración de nuevos dispositivos.

2.2. Definición de Zigbee

Zigbee es un estándar global abierto para la tecnología inalámbrica diseñada para utilizar de baja potencia las señales de radio digital para redes de área personal. Zigbee opera en la especificación IEEE 802.15.4 y se utiliza para crear redes que requieren una velocidad de transferencia de datos baja, la eficiencia energética y redes seguras.

Se emplea en una serie de aplicaciones tales como la construcción de sistemas de automatización, de calefacción y refrigeración de control y en los dispositivos médicos. Zigbee está diseñado para ser simple y menos caro que otros personales son tecnologías de red, tales como Bluetooth.

Zigbee es un estándar de red inalámbrica rentable y eficiente de la energía. Emplea topología de red de malla, lo que le proporciona una alta fiabilidad y un rango razonable. Una de las características definitorias de Zigbee es las comunicaciones seguras que es capaz de proporcionar. Esto se logra mediante el uso de claves criptográficas 128 bits.

Tabla 1 Comparaciones entre XBee Series 1 – XBee Series 2

Descripción	XBee Series 1	XBee Series 2
Alcance Interior	up to 100 ft. (30m)	up to 133 ft. (40m)
Alcance Exterior con línea de vista	up to 300 ft. (100m)	Up to 400 ft. (120m)
Potencia de salida	1 mW (0dbm)	2 mW (+3dbm)
Voltaje de Alimentación	2.8 - 3.4 V	2.8 – 3.6 V
Frecuencia	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensiones	0.0960 ” x 1.087 ”	0.0960 ” x 1.087 ”
Temperatura de funcionamiento	- 40 to 85 C	- 40 to 85 C
Topología de red	Punto a punto, estrella, malla	Punto a punto, estrella, malla
Número de Canales	16 canales de secuencia directa	16 canales de secuencia directa

El XBee Serie 1 tiene el firmware DigiMesh instalado, este DigiMesh es el protocolo de red de malla patentada por Digi y es directamente comparable con ZigBee. Esto permite una pequeña red para ser implementada como una topología en estrella, y más tarde convertirse en una red de malla completa sin sustitución de hardware. (Oyarce, 2010)

Después de ver la comparación entre los 2 Xbee series, en este proyecto de tesis se utilizará los XBee Serie 2, estos están basados en el chipset de Ember y están diseñados para ser utilizados en aplicaciones que requieren repetidores o una red mesh. Este módulo puede ser utilizado en modo AT y API. (Oyarce, 2010).

Su sistema se basa en claves simétricas, lo que significa que tanto el receptor y emisor de una transacción deben compartir la misma clave. Estas teclas son o pre-instalado, transportado por un "centro de confianza" designado dentro de la red o se establece entre el centro de confianza y un dispositivo sin ser transportado. Seguridad en una red de área personal es más importante cuando se usa Zigbee en redes corporativas o de fabricación. (Vision World Tech, 2014)



Figura4. Dispositivo Zigbee



Figura 5 Pines del Zigbee

Las conexiones de Pines recomendados son VCC, GND, DOUT y DIN, las diferentes entradas y salidas se pueden utilizar conforme se vaya incrementando el alcance del proyecto, puesto que el XBee Series 2 permite habilitar o deshabilitar las salidas según las necesidades, cabe recalcar que el XBee Series 2 proporciona salidas digitales, las mismas que servirán de gran ayuda en el proyecto de tesis, ya que facilitará la lectura de datos. (Vision World Tech, 2014)

2.3. Arquitectura del Protocolo ZigBee

Zigbee es un estándar que define un conjunto de protocolos para el armado de una red inalámbrica de corta distancia que por lo general es de 10 a 100 metros y una baja velocidad de datos que llegan hasta los 250Kbps. Las bandas del Zigbee operan en 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz, en redes de corto alcance hay muchos estándares tales como el 802.11 y Bluetooth pero hoy en día Zigbee es el estándar más aceptado

para usar redes de actuadores, en la siguiente imagen se detalla cada una de las especificaciones de este protocolo.

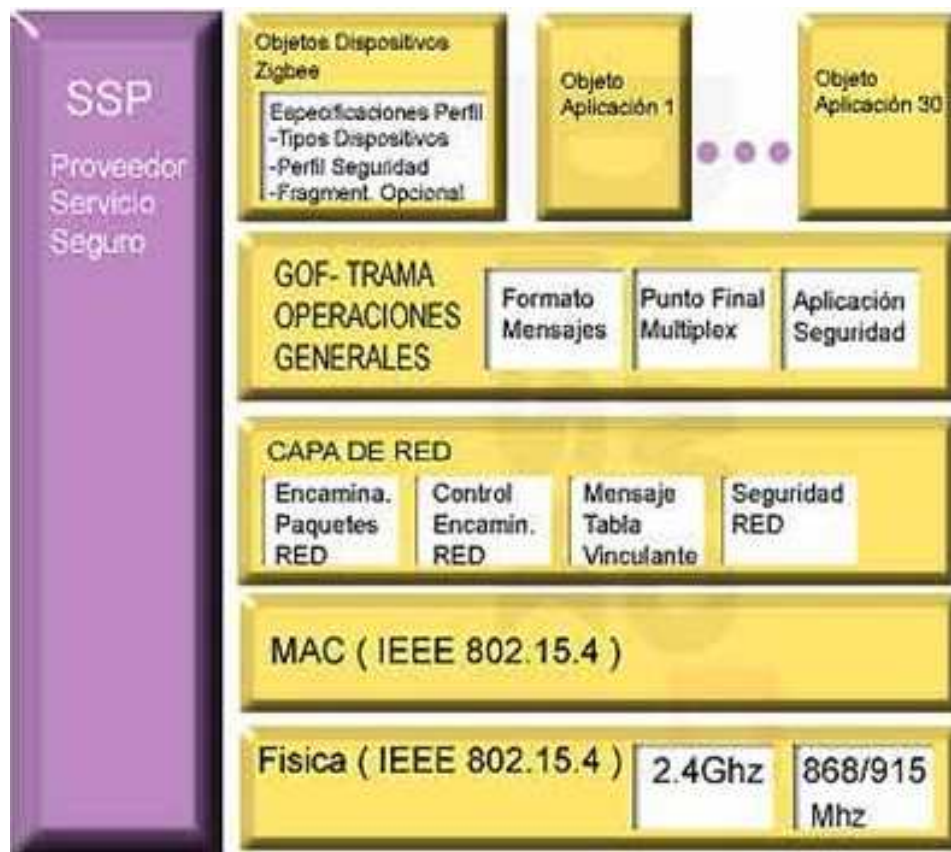


Figura 6. Arquitectura del Protocolo Zigbee
(M. & Macias, 2012)

Zigbee está basado en el estándar de comunicación IEEE 802.15.4, en las redes domóticas es ideal, está diseñada para remplazar la expansión de los dispositivos individuales como los actuadores, sensores, etc. Zigbee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste dentro de un estándar para redes Wireless seguro y fiable.

La alianza de empresas que forma ZigBee está trabajando conjuntamente con IEEE para asegurar una integración, completa y operativa que servirá para probar dispositivos que se creen con esta tecnología, en conclusión ZigBee es el estándar basado en la tecnología necesaria para el control remoto de sensores/actuadores que se utilizan en la domótica.

La Arquitectura del Zigbee a seguido la pauta del estándar del modelo OSI (Open System Interconnection) que está conformado por capas, las dos primeras capas que han definido los aspectos como la potencia del trasmisor y la sensibilidad del receptor, mientras que la capa de Acceso al medio.

La capa MAC es la encargada de proveer una interface entre la capa red y la capa de física, estas dos primeras capas son definidas por el estándar IEEE 802.15.4, las capas superiores son definidas por la Alianza de ZigBee, la capa de red (NWK) nos proporciona el enrutamiento y las funciones de multi-hop necesarias para crear diferentes topologías como la estrella, malla, árbol, etc.

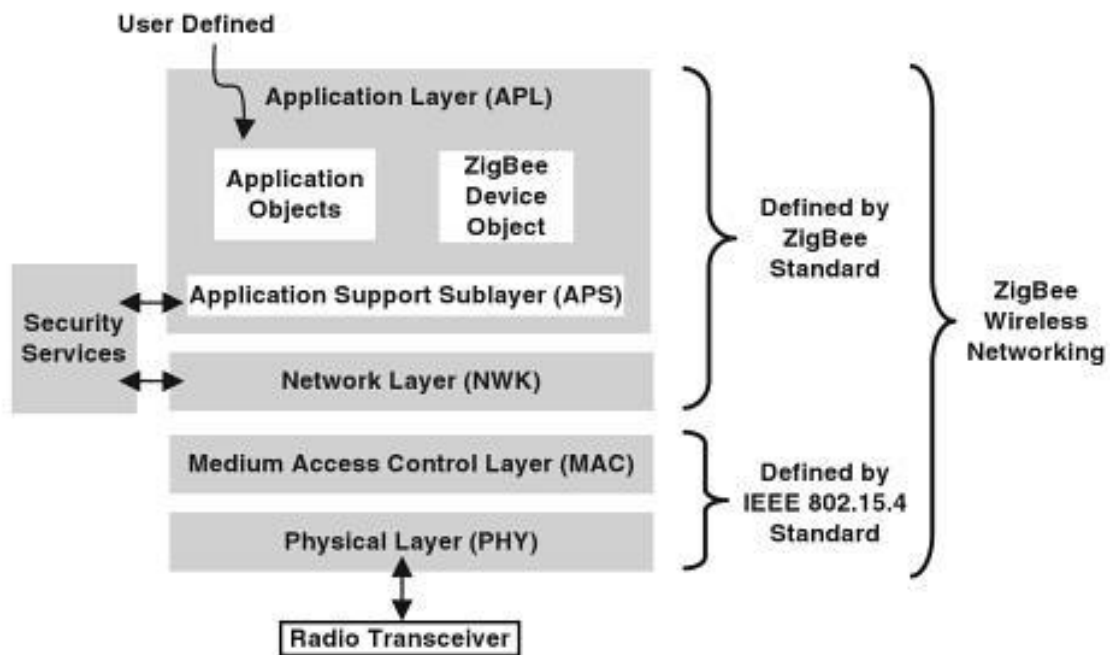


Figura 7 Aplicación de las 4 capas
(Palacios, 2015)

La capa de aplicación (APL) consta de dos subcapas la de Soporte de Aplicación (APS) y la ZDO (Zigbee Device Object) por sus siglas en español Zigbee Objeto de Dispositivo, son las responsables de mantener las tablas para los enlaces ya que la APS trata de descubrir también a otros dispositivos que están operando en su mismo espacio y la capa ZDO define la red de un dispositivo dentro de la red.

2.2.1 Capa Física (PHY)

La capa física es la capa de protocolo más bajo en el estándar ZigBee y la capa más cercana al hardware. Tiene las funciones de control y conectar con el transceptor de radio. La capa física se centra en la activación de la radio que puede transmitir o recibir paquetes. Por otra parte, la capa PHY puede seleccionar la frecuencia del canal y asegurarse de que ningún otro dispositivo en otra red no pueden utilizar los canales actualmente.

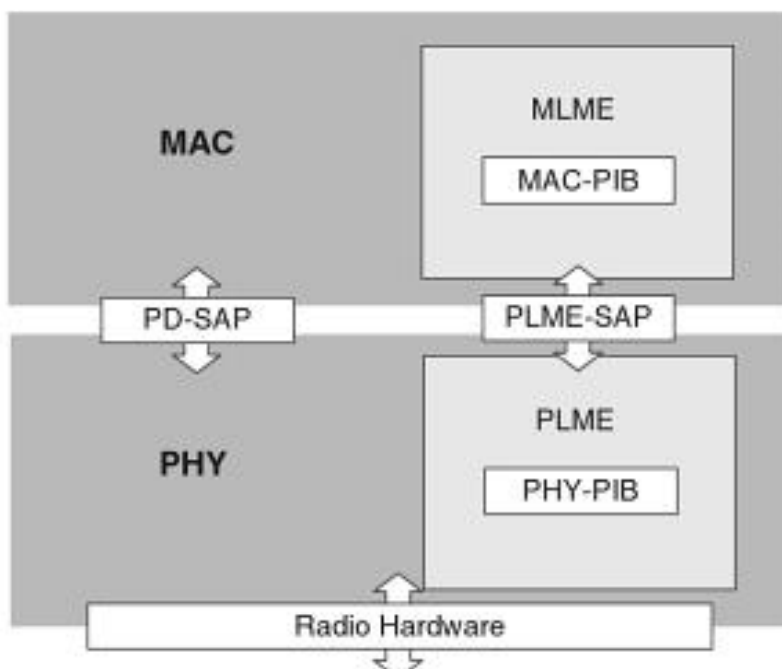


Figura 8 Conectar la capa PHY con la capa MAC
(Robalino, 2015)

la Capa Física está definida por el estándar IEEE 802.15.4-2003 la misma que permite elegir entre dos sub capas físicas que vienen dadas en función de la banda de frecuencia que se va utilizar. La primera capa cubre la banda europea de 868 MHz o la banda americana de 915 MHz, utilizando modulación de Secuencia Directa de Espectro Ensanchado (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum), que nos proporciona los siguientes canales:

- ✓ 1 canal a 20 Kbps en la banda europea.
- ✓ 10 canales a 40 Kbps en la banda americana.

En la segunda subcapa se observa que utiliza la banda de 2.450 Ghz usada mundialmente, esta banda se basa en la modulación DSSS que únicamente esta subcapa proporciona.

- ✓ 16 canales a 250 Kbps.

Las principales funcionalidades de la capa física son:

- ✓ Indicador de calidad del enlace.
- ✓ Transmisión y recepción de datos.
- ✓ Evaluación del estado del canal.
- ✓ La detección de la energía del receptor.
- ✓ Activación y desactivación del transceiver.

En la siguiente tabla se va a mostrar un resumen de las principales características técnicas de la capa física.

Tabla 2. Características técnicas de la capa física

Parámetro	2.4 GHz PHY	868/915 MHz PHY
Sensibilidad	-85 dBm	-92 dBm
Rechazo a canal alternante	-30 dBm	
Potencia de Salida	-3 dBm	
Máxima señal entra el receptor	-20 dBm	
Rechazo a canal adyacente	0 Db	
Número de canales	16	1/10
Espaciamiento entre canales	5 MHz	Canal simple / 2 MHz
Tasas de transmisión		

Chips	2 Mchips/s	300/600 Mchips/s
Símbolos	62.5 Kbaudios	20/40 Kbaudios
Datos	250 Kbps	20/40 Kbps

(Calvas, 2015)

2.2.2 Capa de Control de Acceso al Medio (MAC)

La capa de Control de Acceso al Medio se encarga de proveer una interface entre la capa física con la capa de red, entre las principales responsabilidades y funcionalidades de la capa MAC tenemos:

- ✓ La definición de tramas sencillas con el objetivo de reducir el consumo de energía en los terminales Zigbee
- ✓ La transmisión de tramas, provisión y sincronización de un mecanismo de transmisión confiable.

Asociar y des-asociar los dispositivos en una red, este proceso implementa re-asociar los terminales a una red, a la cual previamente ya se había asociado y no la ha abandonado. Es útil esta característica para poder re-asociar un dispositivo que había sido reiniciado, conserva su dirección de red asignada.

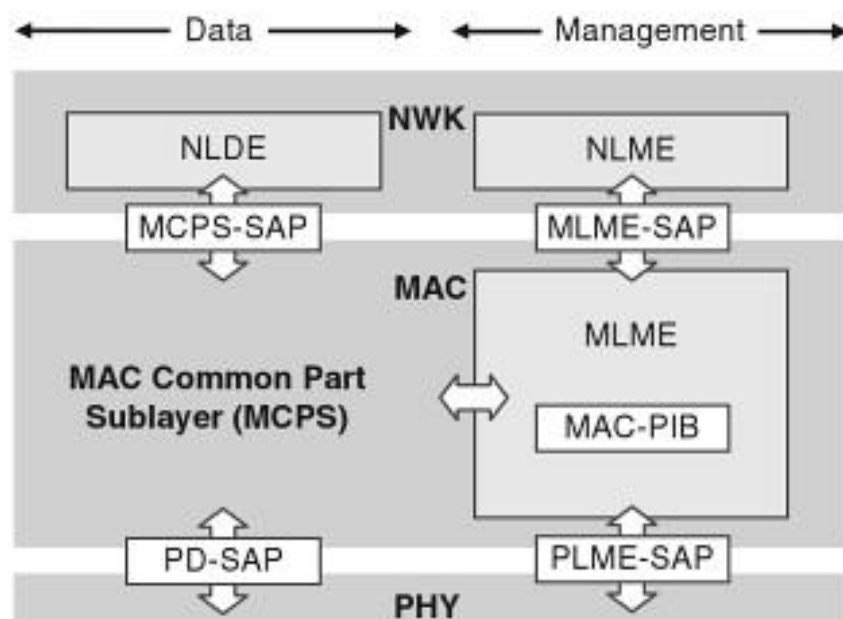


Figura 9 Modelo referencia basado en la Subcapa MAC

(Morales, 2010)

La Capa Mac permite diferenciar cada uno de los nodos de la red con un identificador único que está compuesto por 64 bits y puede ser utilizado para el proceso de asociar o unir una red, además este identificador sirve para comunicarse con otros dispositivos de la misma red.

Nos permite garantizar el uso de slots de tiempo para el acceso al canal, esto se conoce como (GTS, Guaranteed Time Slot) el cual sirve como método de calidad de servicio que asigna a cada dispositivo una duración específica de tiempo que es definida por el coordinador de la red dentro de súper-trama para realizar la tarea que requiera sin contención o latencia.

Esta define 2 niveles de seguridad: No seguro, se basa mediante listas de control de acceso, y el modo seguro, se basa con encriptamiento, este utiliza el estándar para encriptación simétrica AES (AdvancedEncryption Standard) por sus siglas en ingles Estándar de Cifrado Avanzado (Algoritmo simétrico que usa la misma clave para encriptar y desencriptar los mensajes)

2.2.3 Capa de Red (NWK)

La función principal de la capa NWK es proporcionar algunas funciones necesarias, para garantizar el funcionamiento normal de la capa MAC, y proporcionar interfaz de servicio adecuado para la capa de aplicación (APL). Con el fin de proporcionar la interfaz de capa de aplicación, la capa NWK ofrece dos entidades de servicio de gestión de la función necesaria, la entidad de datos y la entidad de gestión.

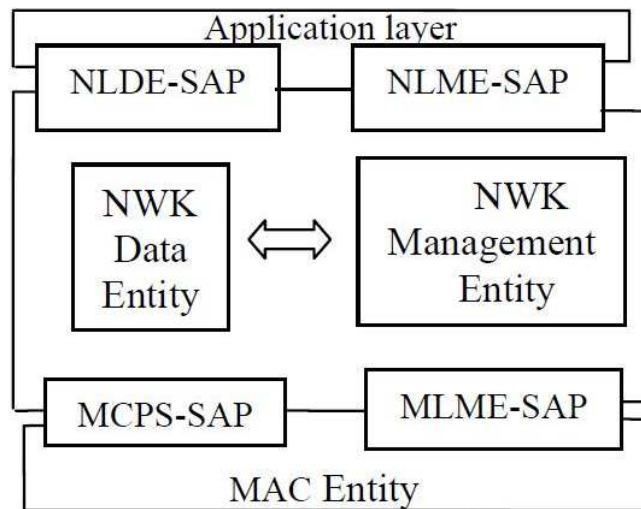


Figura 10 Modelo de referencia de la capa NWK
(FineTek, 2014)

La capa de Red tiene como tarea el mantenimiento y descubrimiento de rutas entre los dispositivos de la red. Esta capa está a cargo de la labor del 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 estos nuevos dispositivos.

Las funciones de seguridad y enrutamiento son implementadas en este nivel de Capa de Red. Las diferentes opciones que brindan este protocolo se pueden definir de un nodo a otro, la capa de red debe configurar el conjunto de capas que forma la arquitectura del protocolo apropiadamente en cada uno de ellos.

Resumen de las responsabilidades de la capa de red.

Las tareas más importantes de la capa de red son:

- ❖ Agregar o quitar a un dispositivo a la red.
- ❖ Asignar direcciones de red a los dispositivos brindando una interface unificada para todos ellos
- ❖ Rutear tramas a sus destinos.
- ❖ Configurar a un nuevo dispositivo para que pueda operar en la red.
- ❖ Sincronizar entre dispositivos usando balizas o encuestas.

- ❖ Establecer una nueva red brindando topologías como árbol o malla.
- ❖ Garantizar la comunicación dentro de toda la red más allá del alcance de un único nodo.

2.2.4 Capa de Aplicación (APL)

La capa de aplicación ZigBee (APL) incluye la sub-capa de APS, la ZDO, y Objetos de aplicación que se define por la fabricación [14]. La subcapa APS es responsable de la unión de las tablas para que coincida con dispositivos de baja dependían de sus necesidades y los servicios, y la transmisión de información de aplicaciones entre los dispositivos conectados.

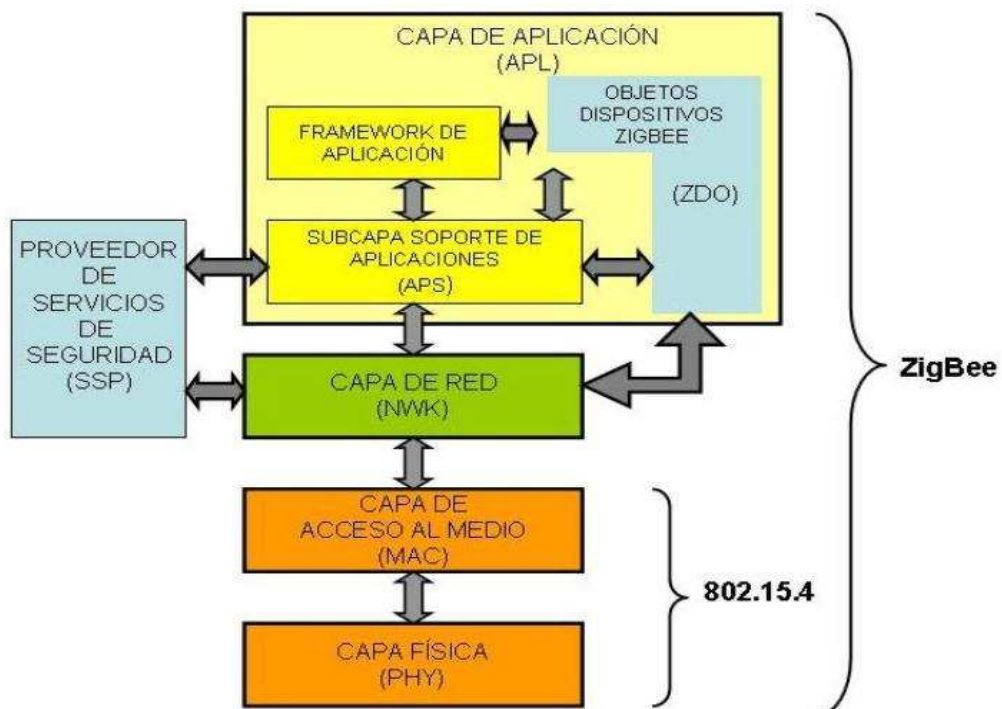


Figura 11 Capa de Aplicación APL
(Anales de Mecanica y Electricidad, 2011)

Las responsabilidades de la ZDO se centran en la definición del papel del dispositivo (Coordinador, router o dispositivo End) en esta red ZigBee, el descubrimiento de dispositivos en la red y determinar qué aplicaciones de servicios que prestan, iniciar o responder a las solicitudes de la unión de dos dispositivos y el establecimiento de una relación segura entre los dispositivos de red.

La capa de aplicación consiste en la subcapa ZDO (ZigBee Device Object) y la APS (Application Support), la Capa de Aplicación tiene como responsabilidad de mantener las tablas para los enlaces, estas tablas consisten en balancear o adaptar dos dispositivos entre ellos, basados en los servicios y necesidades, cada una de las subcapas se pueden definir como:

- ✓ ZDO: Define el rol de un dispositivo dentro de la red.
- ✓ APS: Se encarga de descubrir otros dispositivos que están operando en su mismo espacio operativo.

Dentro de la capa de aplicación se responden o se inician varios pedidos de enlaces y estos se van a establecer en una relación segura entre los dispositivos que responde a dicha aplicación y se selecciona un método de seguridad como por ejemplo alguna clave.



Figura 12. Protocolo Zigbee
(Guerrero, 2010)

2.3 Objetos ZigBee (ZDO)

Los objetos Zigbee fueron creados para simplificar y facilitar el manejo de la red por las aplicaciones de los usuarios, los objetivos principales de ZigBee contienen perfiles de dispositivos ZigBee, estos únicamente se ocupan del manejo de red y no de intercambiar datos específicos de alguna aplicación, en esta capa tiene un conjunto de comandos y respuestas para la realización de una exploración del canal, descubrir dispositivos y manejar la potencia de transmisión.

ZigBee trabaja en una banda de frecuencias que incluye la 2.4 GHz (mundial), estas bandas se dividen en 866 MHz en Europa y 902 a 928 MHz en EEUU, su transferencia de datos es hasta 250 Kbps y puede ser transmitida en diferentes rangos de frecuencia que van desde 20 Kbps en la de 868 MHz (1 canal) hasta los 2.4 GHz (16 canales).

En la distancia de transmisión puede variar desde 10 metros hasta los 75 metros, esto depende mucho de la potencia de transmisión y también del entorno en donde se encuentra la red ZigBee, la red Zigbee al igual que una red WiFi pueden manejar el espectro ensanchado en la banda 2.4 GHz.

2.4 Características del Zigbee

- ❖ ZigBee, es conocido como "HomeRF Lite", es una tecnología inalámbrica que tiene velocidades de 20 kB/s a 250 kB/s.
- ❖ sus rangos de alcance son de 10 m hasta 75 m.
- ❖ Estos pueden usar bandas libres ISM de 868 MHz (Europa), 915 MHz (EEUU) y 2,4 GHz (Mundial).
- ❖ La red ZigBee puede estar conformada hasta por 255 nodos de los cuales el transceiver ZigBee la mayor parte del tiempo está dormido con el fin de consumir menos energía que las otras tecnologías inalámbricas.
- ❖ A un sensor equipado con un transceiver ZigBee lo alimentan 2 pilas AA y esta a su vez como tiene la capacidad de estar en reposo y no consumir pueda durar de 6 meses hasta 2 años.

- ❖ La fabricación de un transmisor ZigBee lo conforman menos circuitos analógicos de los que necesitan normalmente.
- ❖ Zigbee tiene Diferentes tipos de topologías como malla, árbol, estrella y las que son punto a punto.
- ❖ El acceso al canal es mediante CSMA/CA(7) (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones).
- ❖ Las redes más grandes usan una estabilidad de red que les da un mejor soporte, para darles más opciones de desempeño, gestión y flexibilidad.
- ❖ La Fragmentación es una nueva capacidad para poder dividir los mensajes más largos que permita la interacción con otros sistemas y protocolos.
- ❖ En caso de que ocurran interferencias, las redes cambian los canales en forma dinámica a eso se le denomina Agilidad de frecuencia.
- ❖ El conjunto de gestión automatizada de direcciones de dispositivos fue optimizado para grandes redes con gestión de herramientas de configuración y redes agregadas.
- ❖ Para las grandes redes es necesaria la localización grupal ya que esta ofrece una optimización adicional de tráfico.
- ❖ Zigbee al igual que bluetooth, wifi entre otras, es también una tecnología inalámbrica mejorada con capacidades seguras.
- ❖ El conjunto de recolección centralizada de datos fue sintonizado específicamente para optimizar el flujo de información en las grandes redes.

2.5 Ventajas y Desventajas de Zigbee

Ventajas

- ❖ Son más económicos y su construcción más sencilla.
- ❖ Estos reducen los tiempos de espera al enviar y recibir paquetes.
- ❖ Operan en una banda libre de ISM de 2.4 Ghz para las conexiones inalámbricas.
- ❖ Su alojamiento es de 16 bits a 64 bits de dirección extendida.
- ❖ Son diseñados para el direccionamiento de información y para refrescar la red.

- ❖ Detección de Energía (ED).
- ❖ Tienen un baja ciclo de trabajo por lo que pueden estar en modo reposo y de esta manera proporciona una larga duración de la batería.
- ❖ Soporta múltiples topologías de red entre ellas: Dinámica estática, malla y estrella.
- ❖ Es ideal para conexiones que son punto a punto y punto a multipunto
- ❖ En una red pueden tener hasta 65.000 nodos.
- ❖ Provee conexiones seguras entre dispositivos usando el cifrado de 128-bit AES.
- ❖ Es óptimo para las redes de baja tasa de transferencia de datos.

Desventajas

- ❖ Su cobertura es menor porque pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN.
- ❖ Si lo comparamos con otras tecnologías Zigbee solo manipula textos pequeños.
- ❖ Su tasa de transferencia es muy baja.
- ❖ Zigbee es compatible con Bluetooth solo en ciertos aspectos por lo que no tienen la misma capacidad de soporte para nodos ni la misma tasa de transferencia.

2.6 La Topología de Zigbee

De acuerdo con la diferente capacidad de comunicación, los dispositivos de la red ZigBee pueden dividirse en dos tipos: dispositivo de función completa (FFD), y la reducción de la función del dispositivo (RFD). El dispositivo de función completa es capaz de llevar a cabo todas las tareas descritas en el estándar IEEE 802.15.4, que puede comunicarse con cualquier equipo de ZigBee. Pero RFD tiene capacidades limitadas y puede comunicarse sólo con FFD que significa dos RFD sólo puede conectarse entre sí a través de FFD.

Debido a la situación, los dispositivos de la red ZigBee también se pueden dividir en 3 tipos: dispositivo final, RouterNode y Coordinador. El coordinador como un dispositivo funcional completo tiene múltiples funciones que tienen por objeto establecer y desplegar la red.

El dispositivo enrutador compromete la función de asignar direcciones de red para el dispositivo final que podría añadir los dispositivos a la red ZigBee dispositivo. El final es un dispositivo funcional simplificado que es responsable de la supervisión y control. Es el dispositivo más barato en toda la red.

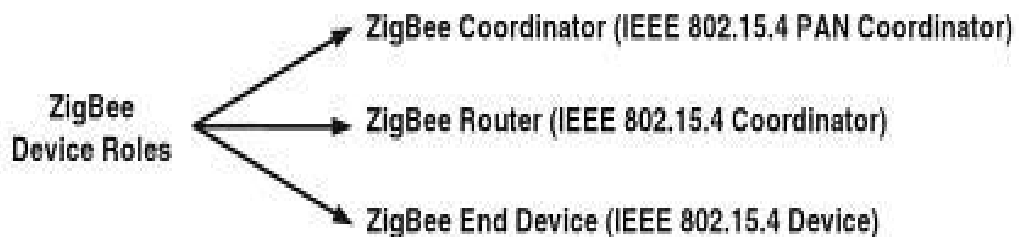


Figura 13. ZigbeeDevice Roles

ZigBee soporta tres tipos de topología de red inalámbrica: estrella, de los árboles y de malla. Estos tres tipos de topología pueden componer redes simples o complejas. La topología de red de malla tiene una fuerte robustez de la red y la fiabilidad del sistema, y es más flexible, de modo que es muy adecuado para los requisitos de redes de sensores, y por lo tanto es más favorecido por la industria.

Una red en estrella es un dispositivo simple y de gran alcance, el uso de un dispositivo de función completa (FFD) como el centro de la red que se encarga de coordinar el trabajo de toda la red. Un clúster es un conjunto complejo de red en estrella.

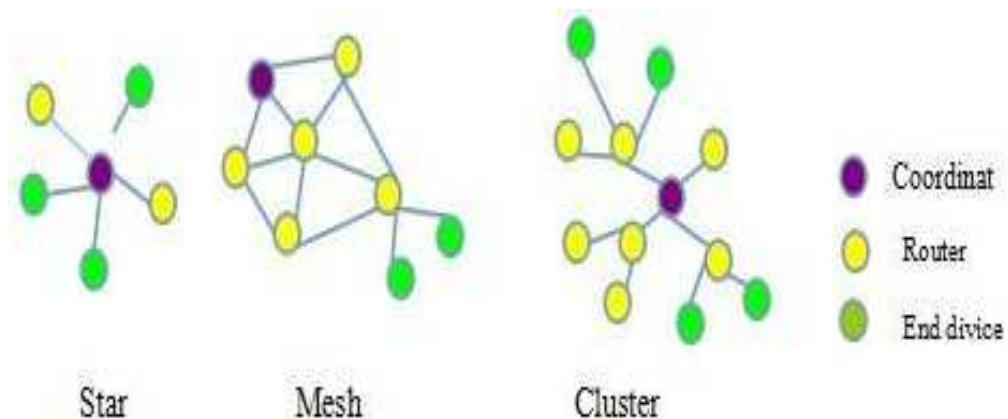


Figura 14. Topología Zigbee
(Patrick Yang, 2012)

2.6.1 Coordinador ZigBee

El Coordinador Zigbee es el tipo de dispositivo más completo. Puede actuar como un director de una red como si fuera un árbol para servir de enlace a otras redes. Por cada red existe exactamente un solo coordinador, que es el nodo principal. Puede actuar como su centro de confianza en una distribución de claves de cifrado y almacenar información sobre la red.

2.6.2 Router Zigbee

Los Router Zigbee se utilizan para el encaminamiento de paquetes entre coordinador central y los dispositivos finales con el fin de ampliar la red para distancias más largas. Se representa como coordinador local para los dispositivos finales, aunque también puede servir como dispositivo final. También requiere energía continua.

2.6.3 Dispositivo Final

El dispositivo Final o End Device sólo puede comunicarse con el coordinador o un router y no puede transferir datos desde otros dispositivos. Debido a que tiene la memoria más baja y demandas computacionales, se puede confiar en su mayoría con la batería. ZigBee utiliza tres tipos de topologías de red. La primera topología admitida es una topología en estrella con los dispositivos de nodo coordinador y finales centrales.

La segunda topología es una topología de árbol, en el que los dispositivos finales no se comunican directamente con el coordinador de la red, pero pueden utilizar el router local como coordinador local primaria. Esto hace que sea posible aumentar la distancia entre el dispositivo final y el coordinador central. La última topología es una topología de malla y que combina las características de las topologías anteriores dan la flexibilidad para la implementación de la red.

Con el fin de poder asegurar la integridad de que haya una comunicación apropiada de una manera segura, ZigBee utiliza AES (AdvancedEncryption Standard) para el cifrado. Estándar ZigBee soporta el uso de los siguientes mecanismos de seguridad:

- ✓ Cifrado de datos.
- ✓ Verificación de datos y dispositivos.
- ✓ Protección contra el marco duplicación.

2.7 Dispositivos basados en su funcionalidad

Los Dispositivos que son basados en su funcionalidad, se detallan a continuación en 2 clasificaciones.

2.7.1 Dispositivos de funcionalidad completa (FFD)

A estos dispositivos se les conoce también como nodo activo, estos son capaces de recibir mensajes en formato 802.15.4 gracias a su memoria adicional, puede funcionar como Coordinador o Router Zigbee, o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interfaz con los usuarios.

2.7.2 Dispositivos de funcionalidad reducida (RFD)

Estos dispositivos son también conocido como nodo pasivo, estos tienen la capacidad y funcionalidades limitadas con el objetivo de que se los puedan conseguir en un bajo coste y una gran simplicidad, básicamente estos dispositivos son los sensores/actuadores de la red.

Tanto los dispositivos activos como pasivos reducen su consumo gracias a que pueden permanecer dormidos la mayor parte del tiempo. Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo real, para volverse a dormir cuando deje de ser requerido, un nodo cualquiera despierta aproximadamente en 15 ms.

2.8 Especificaciones Zigbee

ZigBee e IEEE 802.15.4 son normas que proporcionan la interfaz de red necesaria para redes de sensores, IEEE 802.15.4 estándar define la capa física y MAC (Medium Access Control), ZigBee define la capa de red y aplicación. ZigBee Alliance fue creada en el 2002 como una organización sin fines de lucro. El estándar IEEE 802.15.4 se aprobó en 2003 (posteriormente modificada en 2006), que abrazó la Zigbee Alliance y el 14 de diciembre de 2004 fue aprobada la primera especificación Zigbee 1.0.

Tabla 3. Características de las redes inalámbricas utilizadas en aplicaciones de casas inteligentes

Wireless Technol ogy	Características			
	Distancia (m)	Frecuencia (MHz)	Velocidad (kbps)	Modulación
6LowP an	75	2,4GHz, 868/915 MHz	216	ASK/ BPSK/ O- QPSK
DASH 7	250	433,04–434,79 MHz	232	FSK/GFSK
EnOcea n	300	868/315 MHz	232	ASK
Insteon	50	902–924 MHz	224	FSK
Knx RF	70	868 MHz	256	FSK
ONE- NET	70	868/915 MHz	4096	FSK
Waveni	1000	400/868/915 MHz	2000	GFSK

s				
Z-Wave	300	868/908MHz	232	FSK
ZigBee	75	2,4GHz, 868/915MHz	264	ASK/ BPSK/ O- QPSK

(Taringa, 2011)

La última versión de especificación Zigbee fue lanzado en 2007. En esta especificación se definen dos perfiles. Perfil 1 está diseñado para trabajar en el uso doméstico y comercial con una simple huella de memoria baja, este Perfil se caracteriza por ser más sencillo.

Perfil 2 se denomina como "Zigbee Pro" y ofrece características adicionales, tales como enrutamiento, el modo de comunicación multicast y alta seguridad cifrada utilizando un intercambio de claves SKKE (Symmetric - Key Exchange). La principal diferencia entre las especificaciones de la ZigBee 2007 y la versión anterior Zigbee 2006 está en capacidad de soportar una fragmentación y frecuencia rápida canal ágil.

La fragmentación es la capacidad de procesar datos que son mayores que la capacidad disponible. Versión ZigBeeZigBee 2006 y 2007 son totalmente compatibles, pero los dispositivos que operan en la especificación ZigBee 2006 pueden actuar únicamente como dispositivos finales que no puede encaminar paquetes.

2.8.1 Teclas de Red Zigbee

La Red Zigbee trabaja con cinco teclas diferentes:

- 1 Tecla Enlace - Es una clave común utilizado para el cifrado entre dos dispositivos que se comunican (unicast).

- 2 Clave de red - Es una clave común válida para toda la red, que se utiliza para la emisión comunicaciones.
- 3 Llave maestra - Se utiliza para iniciar la comunicación y establecer tecla Enlace entre dos dispositivos.
- 4 Clave de transporte - Se utiliza para la transferencia de cualquier clave de seguridad de la meta de nodo de destino.
- 5 Clave de carga - Esta clave es utilizada para la transmisión segura de la clave principal.

Como ya se ha señalado, ZigBee especifica dos tipos de llaves, la llave Enlace y la llave Red. Mientras clave Link- es compartida entre los dos dispositivos, la Clave de red es común a toda la red. Cada red tiene un dispositivo ZigBee seguro llamado Security Center (centro Trust), que se encarga de la distribución de claves a otros dispositivos.

La integridad de datos se consigue mediante la aplicación de función de autenticación y la adición de la huella de mensaje a las tramas de la red. Si el código MIC dado transmisor coincide con los datos de destinatarios MIC calculados, la trama recibida se considerará auténtica. Mayor nivel de seguridad se consigue aumentando el número de bits en el MIC. Zigbee e IEEE 802.15.4 apoya 32 - bits, 64 - bit y 128 - bit posibilidades MIC.

2.9 Configuración de red de para casa Domótica

El objetivo era diseñar y construir el hardware y el software adecuado con el fin de evaluar y estándar ZigBee de prueba en aplicaciones "Smart House". Se ha realizado por el CC2530ZDK kit de desarrollo de Texas Instruments. Texas Instruments es uno de los fundadores de la norma ZigBee y ofrece una amplia variedad de dispositivos, incluyendo un kit de desarrollo de productos para la distribución de los subprogramas que están diseñados para controlar los periféricos.

Este módulo contiene un circuito integrado ICRF (Radio Frecuencia de Circuito Integrado), componentes externos, filtros para la comunicación de radio de más alta

calidad y un conector para antena de 2.4 GHz. El módulo se conecta a Smart RF05EB. Ejemplo de la casa inteligente "la aplicación de sensores, sistema de control para la calefacción, la iluminación y el conductor para el control remoto se muestra en la figura 2, incluyendo el sistema de comunicación basado en ZigBee topología del árbol

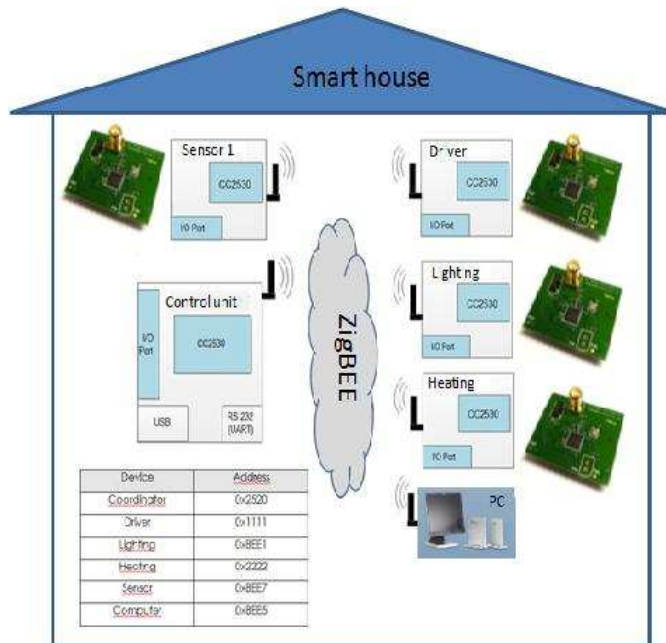


Figura 15. Configuración de Red

(Alibaba, 2015)

Aplicación de una casa con ZigBee plataforma de comunicación

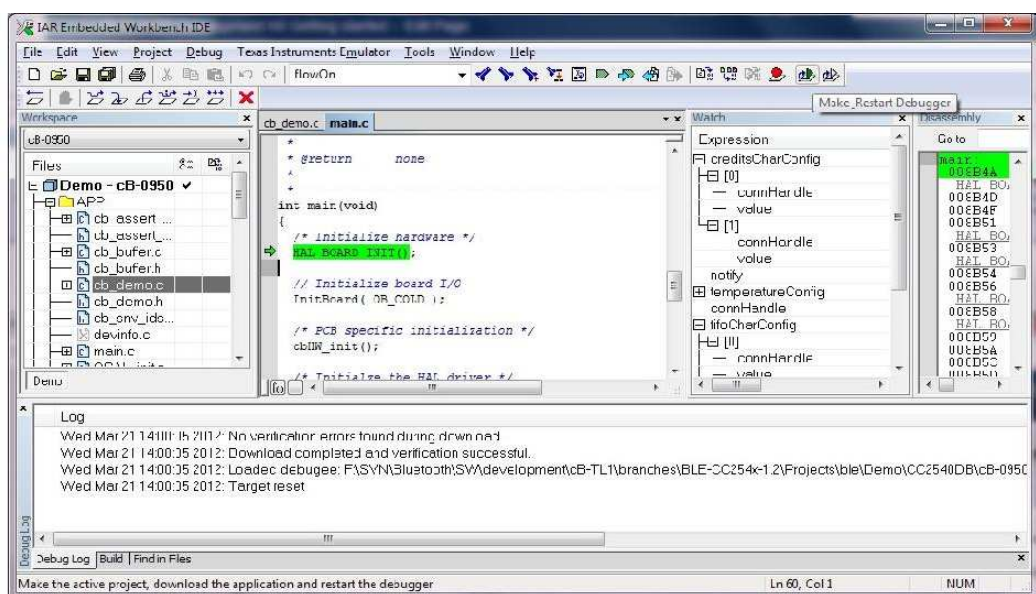


Figura16. Pantalla de Embedded Workbench

Implementación de software de todos los elementos del programa se llevó a cabo en IAR EmbeddedWorkbench, que es un entorno de desarrollo integrado (IDE) y contiene los lenguajes de programación del compilador C y C + + para varios dispositivos, incluyendo el CC2530. (Day, 2012).

Había una necesidad de crear un código de programa separado para cada dispositivo en la red ZigBee. La estructura básica de este código podría implementarse ya sea mediante la obtención de paquetes existentes del fabricante de chips de ZigBee, o el uso de herramientas de desarrollo, como IAR Embedded Work bench. (Day, 2012).

Estos códigos se utilizan para inicializar los dispositivos de control y periféricos. Las placas se programan utilizando SmartRF flash programador. Programa de control remoto se compone de menús, que sirve al usuario para controlar el dispositivo.

2.10 Evaluación de seguridad de red de Zigbee

El kit de desarrollo de CC2530ZDK utiliza el cifrado AES con una MIC de 64 bits para la autenticidad de los datos. La ventaja de este método es que el cifrado se calcula basándose en el número de cuadro secuencial. Por tanto, el cifrado de dos textos idénticos daría dos resultados diferentes. (ublox, 2014).

Esta función se conoce como la seguridad semántica y la rotura de tal, el método de este cifrado por sus encriptaciones es casi imposible de descifrar. La desventaja de las redes ZigBee es que todas las contraseñas se deben mantener en su memoria en forma no cifrada. (ublox, 2014)

Mientras el atacante obtiene físicamente al dispositivo, que puede ser fácilmente copiado de la memoria del programa de ordenador, donde la clave se puede encontrar fácilmente. Ataque físico Realizado fue atado a un dispositivo con una salida USB, que fue grabado usando todo el pa-have dispositivo a nuestro ordenador.

Se encontró en una clave sin cifrar: c0c1c2c3c4c5c6c7c8c9cacbcccdcecf. Para evitar que estos dispositivos ataquen, deben estar en una caja resistente a la manipulación y cuando se registre la violación del dispositivo, se debe borrar su memoria. (ublox, 2014)

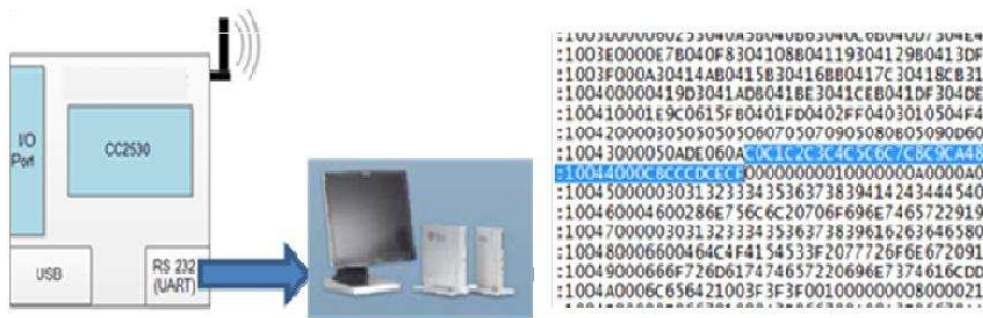


Figura 17. ataque físico con identificación de la llave

```
0600000000 C5 15E5F9DF5193C558
⊕
0600000000 C4 85107A5FBADA5151
=
0000000000 01 90f58380eb499409.
```

Figura 18. Ataque NONCE y XOR

Otro problema de seguridad posible puede ser causada, si por cualquier motivo el dispositivo envía dos mensajes consecutivos "M1" y "M2" con el mismo número de secuencia, el atacante tiene disponibles varios cifrado de datos "c1" y "c2" con el uso de de la misma clave. Mediante el uso de la operación XOR, se puede restaurar la información parcial sobre el cálculo de los mensajes originales. Este ataque se conoce como el mismo - ataque NONCE. (ublox, 2014)

Uno de los casos posibles para demostrar ataque NONCE puede haber fallo de alimentación (batería vacía). Si el sistema falla en estado desconocido, que se puede restablecer a su estado predeterminado. Esto podría aumentar la probabilidad de utilizar el mismo NONCE con una clave que se utilizó antes del fallo. (ublox, 2014).

Los datos transmitidos sin encriptar original: 66h + 67h = 01. Resto de los datos es XOR de la función MIC. Para evitar este ataque sería necesario para almacenar los

estados nonce en una memoria no volátil y recuperarlos después de cada fallo de alimentación.

2.11 Tecnología de Red

La tecnología de red de una casa Domótica está compuesta por tres tecnologías principales:

- ✓ La línea eléctrica
- ✓ La línea de autobús
- ✓ Tecnología inalámbrica

2.11.1 La línea eléctrica

Es una tecnología emergente que reutiliza el sistema de cableado eléctrico casa para enlazar dispositivos entre sí ya Internet, en consecuencia, está atrayendo mucha atención. Una de las aplicaciones especiales es la lectura automática de contadores que ahorra viajes lectores de metros.

Los clientes tienen un mejor control de su uso en la energía eléctrica, el uso de gas o el consumo de agua. También esta tecnología se puede utilizar para controlar la práctica el robo de energía eléctrica de manera eficiente en muchos países. El principal problema es resolver los cortes de interferencia y de potencia, que pueden hacer el caos cuadrícula.

2.11.2 La línea de Autobús

Un bus es un conjunto de conexiones entre dos o más dispositivos, que están diseñados para transferir varios o todos los bits de una palabra de una fuente específica a un destino. Tecnología de línea de Bus utiliza la estructura de par trenzado para transmitir datos a los dispositivos que pueden funcionar en dos direcciones.

Cada nodo de la red se puede obtener por un alimentador de bus o algo más. Los dispositivos de línea de bus se pueden configurar para cumplir con los parámetros de

funcionamiento más estrictas. Por lo tanto el sistema es más complejo para ser ampliado especialmente para edificios antiguos.

2.11.3 Tecnología inalámbrica

Tecnología de comunicación inalámbrica incluye varios tipos, como la tecnología ZigBee, UWB, Bluetooth, Wi-Fi gratuita. La principal ventaja de la tecnología inalámbrica es que no hay necesidad de volver a cableado; instalación conveniente y flexible; que se puede ampliar o modificar en cualquier momento dependía de nuestras demandas; se puede aplicar a las casas nuevas o antiguas.

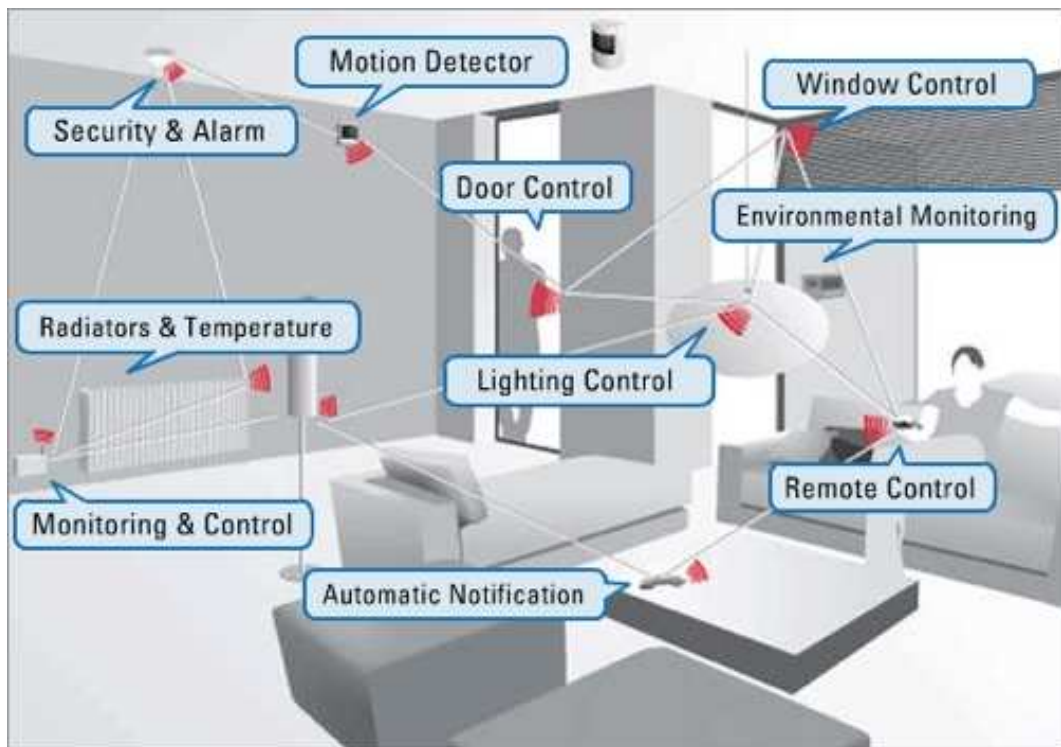
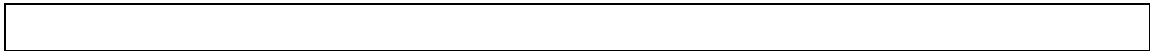


Figura 19. Tecnología Inalámbrica Zigbee
(Moreno, 2012)

Tabla 4 Comparación del Zigbee con otras tecnologías inalámbricas

Estándar	Wifi	Bluetooth	Zigbee
Bandas de Frecuencias	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868 / 915 MHz
Tamaño de Pila	1Mb	1Mb	20kb
Tasa de Transferencia	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
Números de Canales	11 - 14	79	16 (2.4GHz) 10 (915MHz) 1 (868MHz)
Tipos de Datos	Digital	Digital, Audio	Digital (Texto)
Rango de Nodos Internos	100m	10m - 100m	10m - 100m
Números de Dispositivos	32	8	255 / 65535
Requisitos de Alimentación	Media - Horas de Batería	Media - Días de Batería	Muy Baja - Años de Batería
Introducción al Mercado	Alta	Media	Baja



Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, Árbol, Punto a Punto y Malla
Mejores de Aplicaciones	Edificio con Internet Adentro	Computadoras y Teléfonos	Control de Bajo Costo y Monitoreo
Consumo de Potencia	400ma transmitiendo, 20ma en reposo	40ma transmitiendo, 0.2ma en reposo	30ma transmitiendo, 3ma en reposo
Precio	Costoso	Accesible	Bajo
Complejidad	Complejo	Complejo	Simple

(Liu, Comunicacion inalambrica en casa domotica, 2014)

Las características de una red de una casa comunicada son las siguientes:

- ✓ Una pequeña cantidad de la transferencia de datos sin demasiada velocidad
- ✓ Gran capacidad de la red, el hogar tiene una variedad de equipos para el hogar
- ✓ Bajo costo

En comparación con otras tecnologías de comunicación inalámbrica, las características técnicas de ZigBee determinan que puede cumplir con los requisitos anteriores de la red doméstica con una menor complejidad y más económico comparado con otras tecnologías.

2.12 Diseño del Sistema Domótico Inalámbrico

Para el diseño Domótico Inalámbrico se van a utilizar controladores que servirán como emisores-receptores de señal, estos mismos deberán tener un Sistema Operativo Android o si se lo quiere manipular desde una laptop deberá tener una plataforma Windows, para que puedan tener control sobre este Sistema Domótico.

También se deberán tener los nodos ya programados, con un único módulo Coordinador conectado a nuestro servidor Raspberry mediante el puerto Serial, y los que van a estar conectados directamente con los Pre-Actuadores, estos serán programados como si fueran un Router para enviar o recibir un pulso hacia los actuadores.

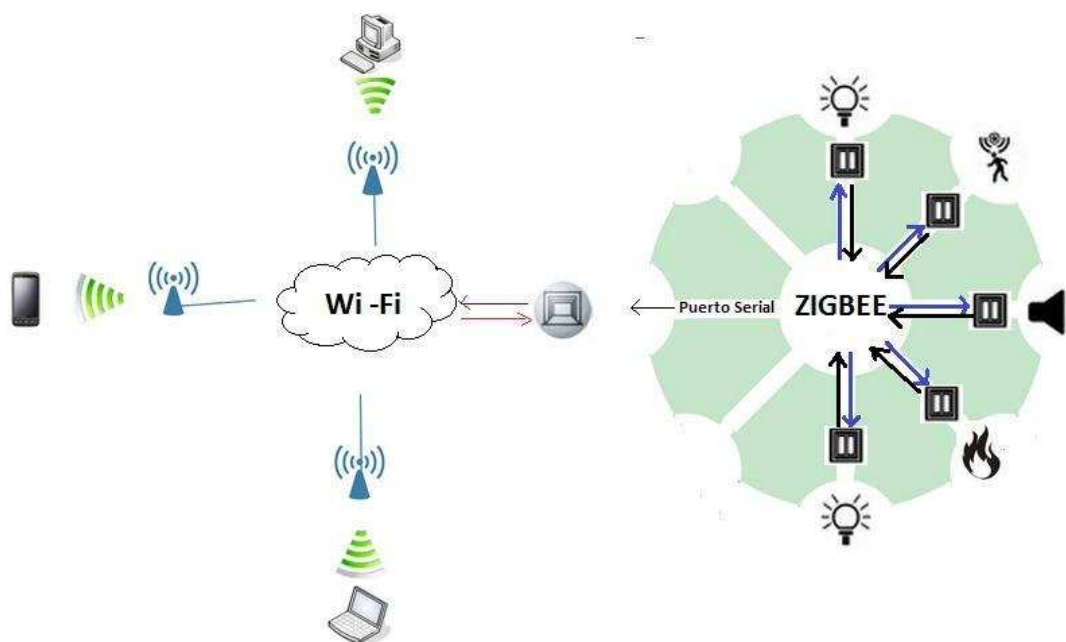


Figura 20 Comparacion del diseño Inalambrico
(Hoperf Electronic)

Para poder realizar una actividad adentro del hogar, deben estar configurados los controladores dentro de una red interna para poder hacer peticiones al servidor mediante Sockets, siendo este un requisito no tan necesario porque también se va a poder realizar peticiones de manera externa, es decir siempre y cuando tengan acceso a internet. (Pacheco, 2015).

Esta comunicación se puede realizar de dos maneras, primera, desde el Wi-Fi en el cual es un medio de comunicación que utiliza señales invisibles de alta frecuencia que viajan por el aire para transportar la información que comparten los dispositivos del sistema Domótico (Pacheco, 2015).

La comunicación entre los nodos del Protocolo ZigBee se comunicarán entre sí mediante la frecuencia 2.4 GHz que operan las mismas. A continuación se podrá observar en un diagrama el diseño de cómo será el Sistema Domótico Inalámbrico del Wifi y del Zigbee. (Pacheco, 2015).

Diseño de la casa separada en plantas diferentes (Inferior - Superior)

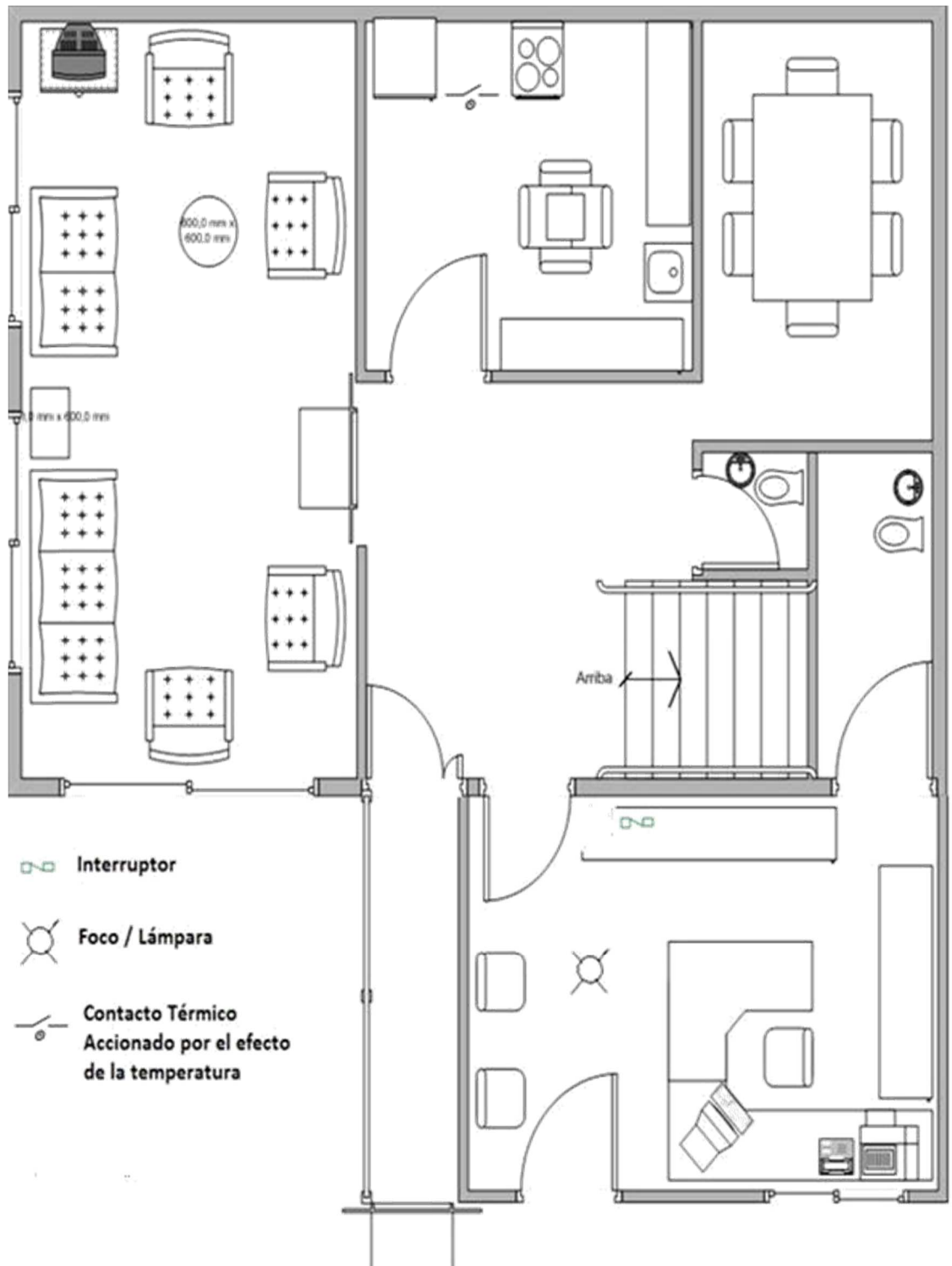


Figura 21 planta baja de la casa domótica

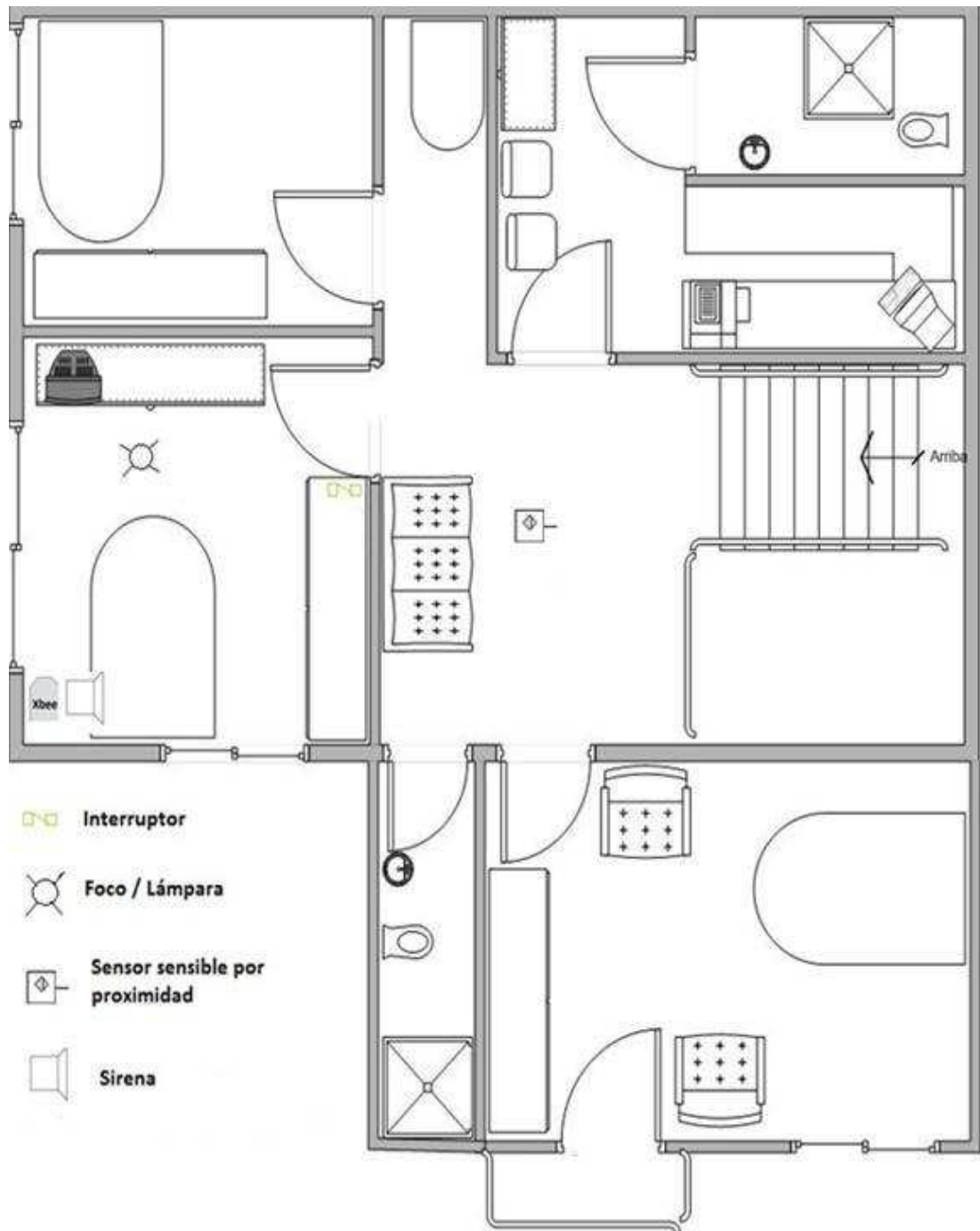


Figura 22 Planta alta de la casa domótica

CAPITULO 3

EL ANALISIS, CONFIGURACION E INSTALACION

3.1 Software X-CTU

X-CTU es un software basado para el Sistema Operativo Windows que proporciona la Empresa Digi, el mismo que sirve para interactuar con los productos ofrecidos por esta Empresa, que en este caso se utilizará dispositivos XBee, este software tiene una interfaz gráfica para facilitar el uso a los usuarios. (Forrum, 2012)

El software X-CTU se puede descargar de la página web de Digi ubicada en el siguiente link: <http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352>. Después de instalarlo y si todo ha salido bien se procede a ejecutarlo haciendo clic en el ícono creado en el escritorio. (Forrum, 2012)

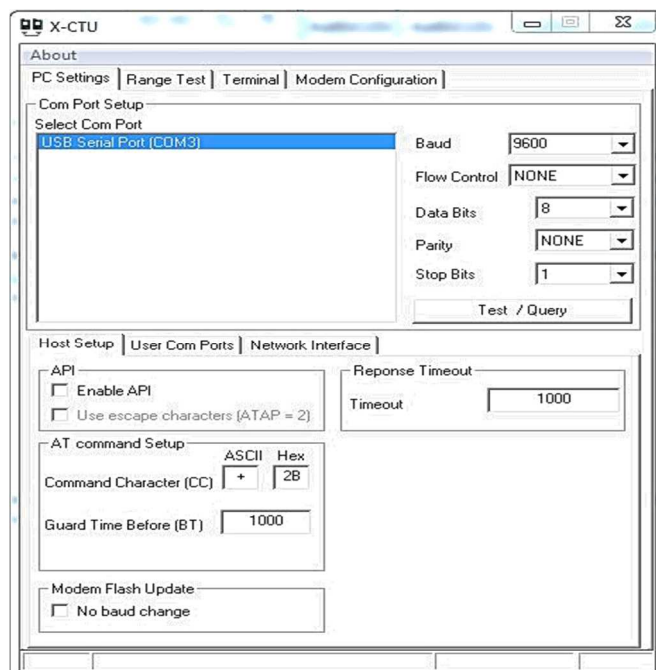


Figura 23 software X-CTU

PC Settings: En esta opción se puede seleccionar el puerto COM que se desea utilizar para poder configurar los dispositivos XBee. Esta es la pestaña que se abre

por defecto al momento de ejecutar el software X-CTU. En la parte de Com Port Setup se puede seleccionar el puerto COM y configurar los ajustes de ese puerto, por ejemplo: (Forrum, 2012)

Baud Rate:	Both standard and non-standard
Flow Control:	Hardware, Software (Xon/Xoff), None
Data bits:	4, 5, 6, 7, and 8 data bits
Parity:	None, Odd, Even, Mark and Space
Stop bit:	1, 1.5, and 2

Figura 24 Configuración del puerto

Range Test: En esta pestaña existe la posibilidad de realizar una prueba de rango entre dos radios XBee. Se puede verificar el alcance de radio que tiene cada dispositivo mediante el envío de un paquete de datos que el usuario a especificado, y comprobar si el paquete de respuesta es el mismo en un determinado tiempo.

Terminal: Esta ventana permite el acceso al puerto COM de la computadora con un programa de emulación del terminal, también se puede enviar y recibir comandos y tramas AT y API. La terminal tienen tres funciones básicas: Emulador de terminal, capacidad para enviar y recibir datos predefinidos y la capacidad para enviar y recibir datos Hexadecimales y formatos ASCII. (Forrum, 2012)

Modem Configuration: Aquí se puede encontrar varias opciones, las que se utilizará más comúnmente serán Read y Write permitiendo la lectura y escritura de la configuración de cada dispositivo respectivamente. Esta pestaña tiene cuatro funciones básicas:

- ❖ Leer y escribir firmware para micro controladores de un radio.
- ❖ Se puede guardar o cargar un perfil del modem
- ❖ Descargar archivos de Firmware actualizados de una página web o desde un archivo comprimido.
- ❖ Facilita una interfaz gráfica al usuario con el firmware de un radio que en este caso es un XBee.

3.1.1 Configuración de los XBee en modo API

A continuación se explicara como configurar un XBee en 5 pasos para ponerlo en modo API. Configuración del XBee de modo Coordinador.

Se procede a instalar el software X-CTU descargado de <http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352>.

Se conecta el dispositivo XBee en el XBee Explorer USB y este a su vez en el ordenador o computador que tenga el Sistema Operativo Windows (en este caso Windows 7).

Abrir el software, hacer doble clic en el ícono creado en el escritorio. Al ejecutarse el programa muestra la pestaña por defecto PC Settings, aquí se selecciona el puerto COM con el cual se desea trabajar. Una vez seleccionado el puerto COM, se puede comprobar que esté funcionando a la perfección haciendo clic en el botón Test/Query, y si todo está correcto aparecerá el siguiente mensaje.

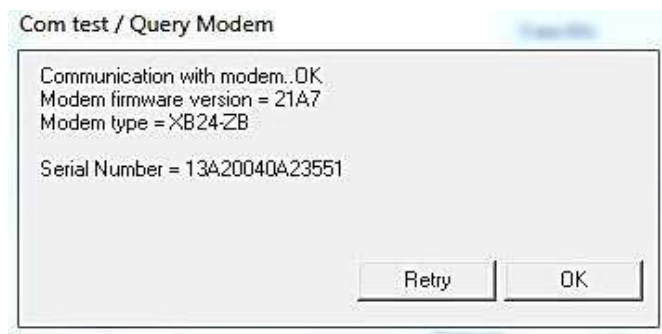


Figura 25 Configuración del puerto COM

Ubicarse en la pestaña Modem Configuration y hacer clic en Read, se muestra toda la configuración que se puede hacer en el dispositivo. En Function Set se escoge el tipo de función que desea que realice el XBee. Buscar la función ZIGBEE COORDINATOR API,

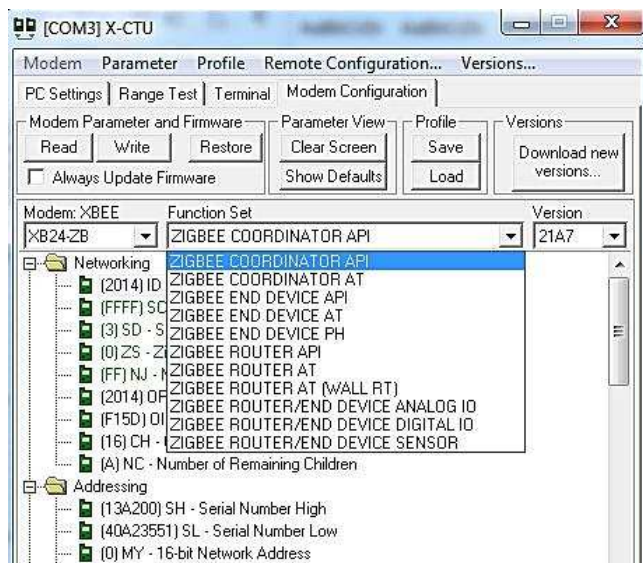


Figura 26 Configuración del dispositivo como Coordinador

A continuación poner un valor en PAN ID, este debe ser puesto en todos los dispositivos tanto configurados en modo COORDINATOR como en modo END DIVICE o ZIGBEE ROUTER. El PAN ID es un identificador de red, todos los dispositivos que no tengan este número no podrán comunicarse con el coordinador, el resto de opciones se deja como se encuentra por defecto. Para guardar los cambios dar clic en **Write**

3.1.2 Configuración del XBee en modo Router

Para configurar el XBee en el modo Router se lo puede hacer de 4 pasos:

1. Se realiza los mismos pasos de la configuración del COORDINADOR hasta el paso 3.
2. En la pestaña Modem Configuration hacer clic en Read, mostrará todas las opciones de configuración del dispositivo. En Function Set se escoge la opción ZIGBEE ROUTER API, poner el mismo PAN ID que tiene el COORDINADOR API.

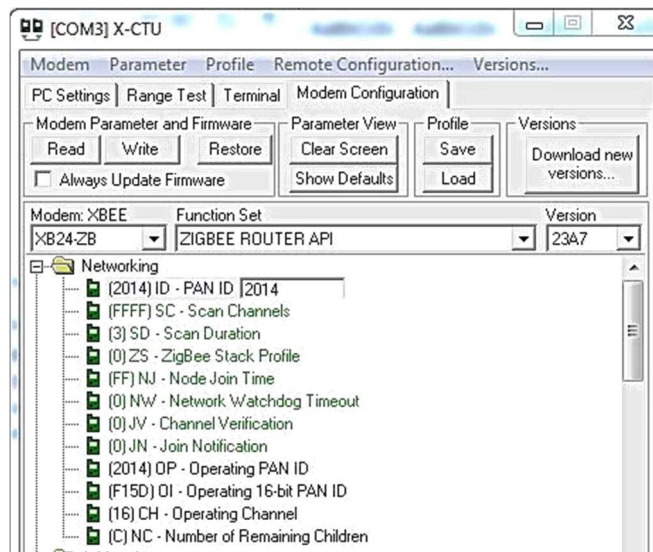


Figura 27 Configuración del dispositivo como Router

3. Buscar la opción I/O Settings, y desde D0 hasta D3 poner (4 - DIGITAL OUT, LOW) que significa que cada entrada estará como apagada hasta que reciba algún tipo de trama que le diga lo contrario
4. Finalmente se procede a guardar los cambios haciendo clic en Write.

Esta configuración se realiza para todos los XBee que se encuentran cerca de los dispositivos a controlar dentro de un hogar, es decir de los actuadores, por ejemplo en este caso, sería cerca de un sensor de humo, sensor de movimiento, alarma y cerca de un sistema de iluminación.

Dentro de la configuración API existen las tramas API que son números en hexadecimal, las mismas que se deben calcular dependiendo de la actividad que desea que realicen los dispositivos configurados como Router, es decir, una trama enviada desde el Coordinador hacia un Router.

A continuación se presenta la Tabla con los diferentes tipos de tramas API en el protocolo ZigBee:

Tabla 5 Tipos de tramas API en el protocolo ZigBee

API Frame Names	API ID
AT Command	0x8
AT Command – Queue Parameter Value	0x9
ZigBee Transmit Request	0x10
Explicit Addressing ZigBee Command Frame	0x11
Remote Command Request	0x17
Create Source Route	0x21
AT Command Response	0x88
Modem Status	0x8A
ZigBee Transmit Status	0x8B
ZigBee Receive Packet (AO=0)	0x90
ZigBee Explicit Rx Indicator (AO=1)	0x91
ZigBee IO Data Sample RX Indicator	0x92
XBee Sensor Read Indicator (AO=0)	0x94
Node Identification Indicator (AO=0)	0x95
Remote Command Response	0x97
Over-the-Air Firmware Update Status	0xA0
Route Record Indicator	0xA1

Para saber que trama enviar a un Router desde un Coordinador y que realice una función determinada, se deberá calcular una trama específica, a continuación se explicará el cálculo de dicha trama en 5 pasos:

1. **7E** es el delimitador de las tramas API, toda trama API debe empezar por 7E.
2. **00 10** estos bytes representan la longitud de la trama, por lo tanto son 16 datos a partir de 17 sin contar el último byte que es el checksum.
3. **17** es el tipo de trama API: solicitud de comando remoto.
4. **01** es el ACK (acknowledgement) que se debe recibir del RX si llegó la trama.

5. **00 13 A2 00 40 A2 35 43** Estos bytes son la dirección destino, es decir SH y SL del Router.

El SH y el SL se puede encontrar en el software X-CTU o viendo en la parte inferior del propio dispositivo.

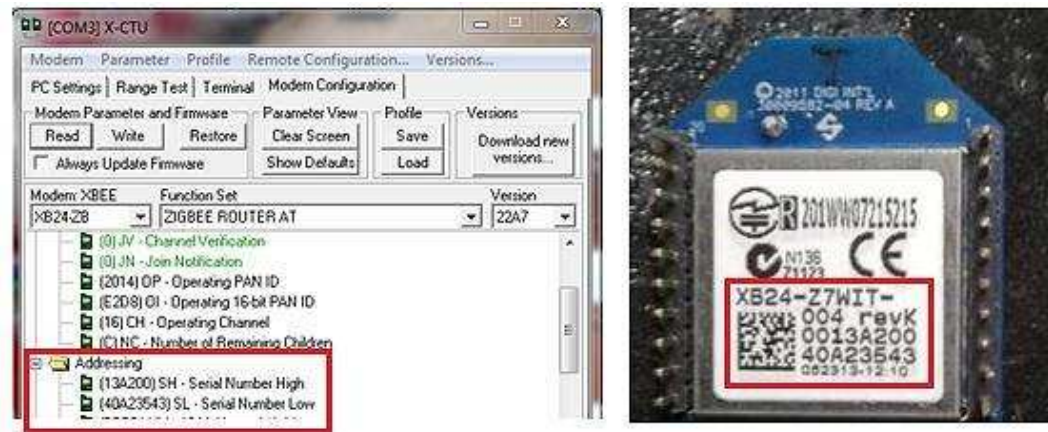


Figura 28 Visualización del SH – SL del dispositivo

- ❖ **FF FE** es la dirección corta del Router, no siempre es posible conocerla, por lo tanto se puede poner FF FE.
- ❖ **02** con este byte se aplican los cambios.
- ❖ **44 33** representa la actividad realizará, es decir, en este caso el PIN D3 se encienda o se apague.
- ❖ **05** significa salida en nivel alto (habilitado o encendido), si se quisiera apagar sería 04 que significa salida en nivel bajo.
- ❖ **5D** es el checksum, el cual es el resultado de sumar desde el 17 hasta el 05 en hexadecimal = 4A2 y FF – A2 = 5D

3.1.3 Configuración de los XBee en modo AT.

Ahora se configura los dispositivos XBee en modo AT. Son exactamente los mismo pasos para configurar el XBee Coordinador en modo API, con la diferencia que en modo AT en la opción Function Set en la pestaña Modem Configuration se escoge la opción de ZIGBEE COORDINATOR AT, se pone el PAN ID y las otras

opciones se deja por defecto como se encuentran. Luego se hace clic en Write para guardar la configuración. (Montserrat, 2012)

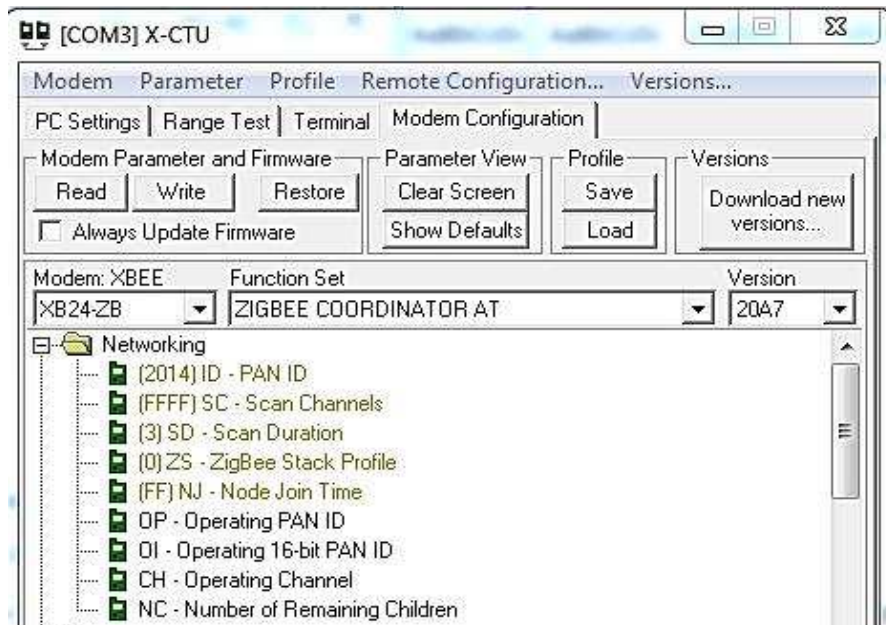


Figura 29 Configuración del dispositivo de modo AT

De la misma manera para configurar el XBee que funcionará como Router, son los mismos pasos de los usados en modo API, con la diferencia que en **Function Set** se escoge la opción **ZIGBEE ROUTER AT**, además en esta opción ya no se configuran entradas digitales. (Montserrat, 2012)

3.2 Pruebas de la configuración del Hardware

3.2.1 Pruebas en modo API

Después de haber configurado los dispositivos como Coordinador y como Router, se procede a comprobar que se están comunicando entre ellos. Por ejemplo, se quiere enviar una trama desde el Coordinador hacia un Router diciendo que el PIN D3 cambie de estado a nivel alto. Primero se conecta a una fuente de voltaje correspondiente de 3.3 Voltios de corriente continua al XBee configurado como Router. (Montserrat, 2012)

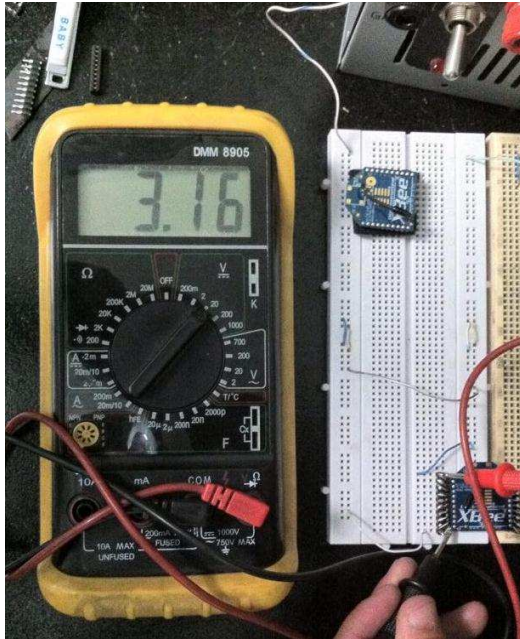


Figura 30 del Voltaje en el dispositivo XBee.

Ubicarse en la pestaña Terminal del Software X-CTU del XBee configurado como Coordinador, se hace clic en Show Hex y luego en Assemble Packet, se escoge la opción HEX y se comienza armar la trama en formato Hexadecimal. Se envía la misma trama calculada anteriormente haciendo clic en Send Data. (Montserrat, 2012)

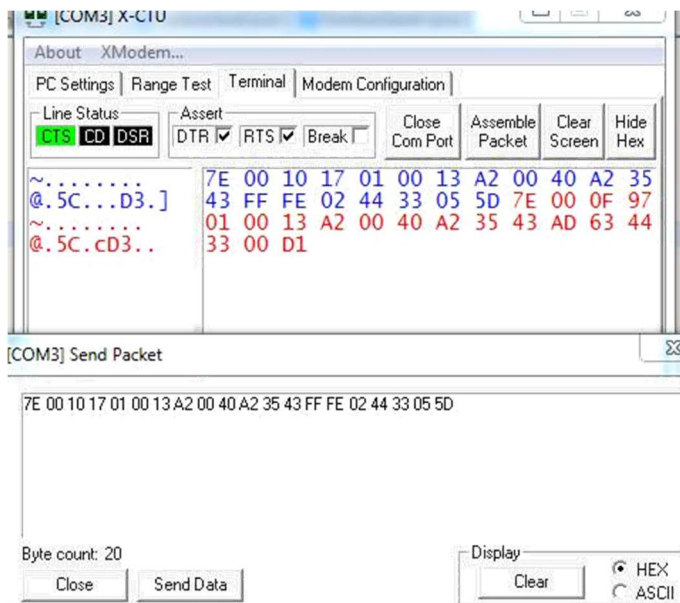


Figura 31 para habilitar el PIN D3 del dispositivo XBee.

Como se puede observaren la Figura 32, al momento de hacer clic en Send Data devuelve otra trama en color rojo, la cual se explica a continuación:

- ❖ **7E** Delimitador de inicio de trama API.
- ❖ **00 0F** Longitud de la trama, esto quiere decir que son 15 datos a partir del 97 sin contar el checksum.
- ❖ **97** Es el tipo de trama API: respuesta de comando remoto.
- ❖ **01** es el ack que se debe recibir del RX si la trama llegó correctamente.
- ❖ **00 13 A2 00 40 A2 35 43** Dirección fuente es decir el SH y SL de nuestro Router.
- ❖ **AD 63** es la dirección corta del Router
- ❖ **44 43** Parámetro que deseamos cambiar, es decir D3 se encienda.
- ❖ **00** Quiere decir que se ha recibido con éxito.
- ❖ **D1** Es el checksum, resultado de sumar desde el 97 hasta 00

Una vez enviada la trama para que cambie de estado de nivel bajo a nivel alto el PIN especificado es decir el D3, se puede comprobar verificando que dicho PIN devuelva un voltaje entre 2.8 y 3,3 Voltios de corriente continua, medidos con un multímetro. (Montserrat, 2012).

Ahora se puede envíar la trama para deshabilitar (nivel bajo) el PIN D3 del Router. Figura 33. Se Puede comprobar que el D3 del Router se ha deshabilitado midiendo con un multímetro, devolverá un valor inferior a 2.8 Voltios de corriente continua. (Montserrat, 2012).

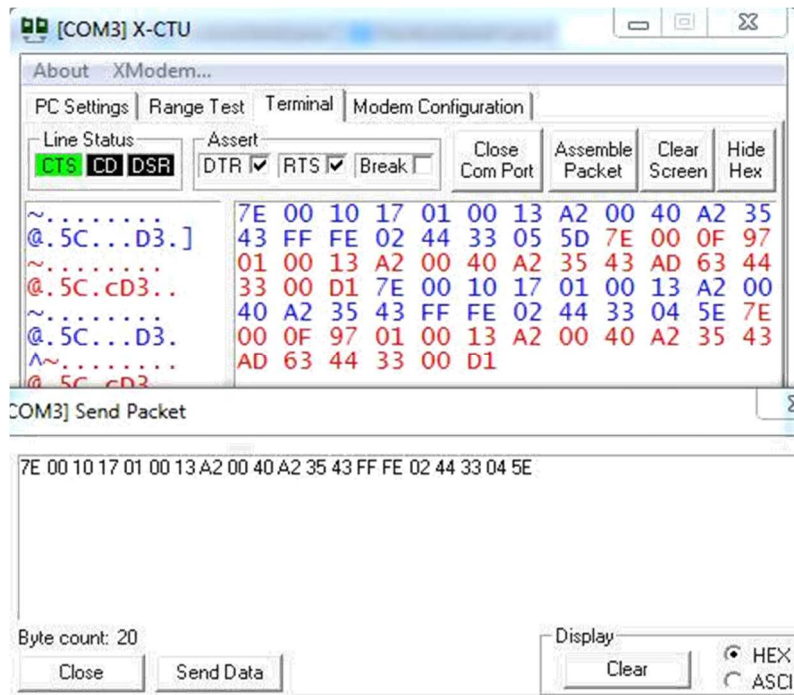


Figura 32 Tramas para deshabilitar el PIN D3 del dispositivo XBee.

3.2.2 Pruebas en modo AT

Para comprobar que los XBee configurados en modo AT se están comunicando, primero se debe conectar el XBee configurado como Router AT a una fuente de voltaje de 3,3 Voltios de corriente continua, que es lo necesario para que funcione un dispositivo XBee. (Montserrat, 2012).

A continuación vamos a conectar el XBee ya configurado como Coordinador en una PC con una plataforma Windows, se va abrir el Software X-CTU, y en la pestaña **Terminal** se va escribir los siguientes comandos:

- ❖ Comando (+++), espera un OK como respuesta, si esto sucede entonces el Coordinador está funcionando Perfectamente
- ❖ Comando (ATND) y ejecutamos enter, con esto devuelve todos los datos de los XBee que estén con el mismo PAN ID que el XBee configurado como Coordinador, en este caso devuelve los datos del Router.

3.3 Implementación de los circuitos electrónicos ubicados entre los dispositivos del Protocolo ZigBee y los dispositivos a controlar.

Debido a que los dispositivos del Protocolo ZigBee no pueden interactuar directamente con los dispositivos a controlar (Sensor de Movimiento, Sensor de Humo, etc), puesto que los XBee funcionan a 3,3 Voltios de corriente continua, mientras que los dispositivos a controlar en el hogar funcionan a 110 Voltios de corriente alterna, por esta razón se debe implementar circuitos electrónicos que realicen la integración entre estos. (Parallax, 2010)

3.3.1 Circuito Pre-Actuador Focus

A continuación se presenta el esquema electrónico (Pre-actuador), que será necesario para encender o apagar un foco de 110 Voltios de corriente alterna, recibiendo un impulso de 3,3 Voltios de corriente continua por el PIN D3 del XBee, el mismo va a ser utilizado para la implementación de la iluminación de la habitación del Hogar. (Parallax, 2010)

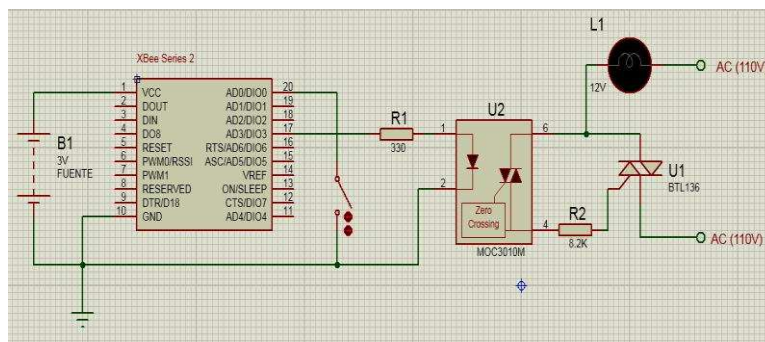


Figura 33 Circuito con un Foco en la Habitación

La siguiente Figura representa el circuito que se utiliza para la implementación de la iluminación en la oficina del hogar (primera planta), el mismo es diferente del circuito de iluminación de la habitación ya que en este se implementa un regulador de voltaje, puesto que el voltaje se está tomando del sensor de movimiento el mismo que nos proporciona 12V y el XBee únicamente necesita 3.3V, es por esta razón que se implementó dicho regulador de voltaje. (Parallax, 2010).

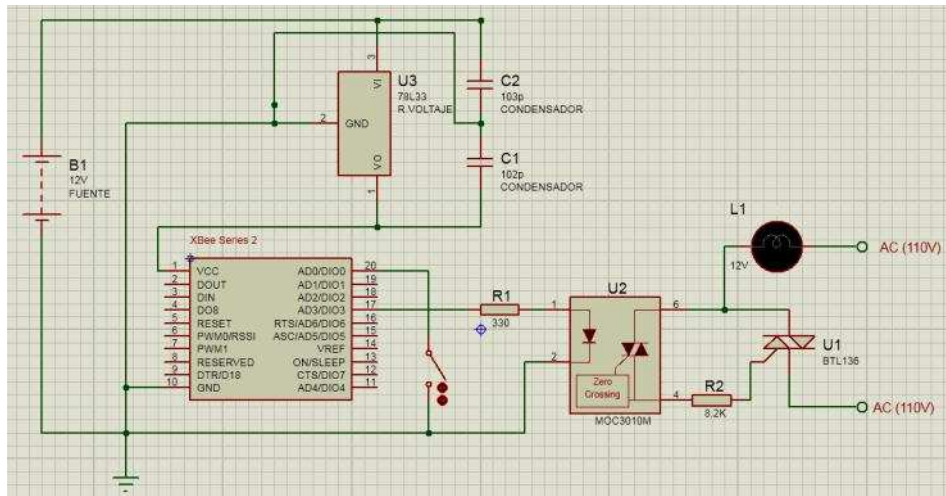


Figura 34 Circuito Foco Oficina

3.3.2 Circuito Pre-Actuador Sirena

En la siguiente Figura se va a representar un esquema electrónico, necesario para manipular la sirena del hogar, ya que de ella dependerá tanto el sensor de humo como el sensor de movimiento, en este circuito se realizó un regulador de voltaje ya que la sirena del hogar trabaja a 12V mientras que la alimentación del XBee debe ser 3.3V. (Parallax, 2010).

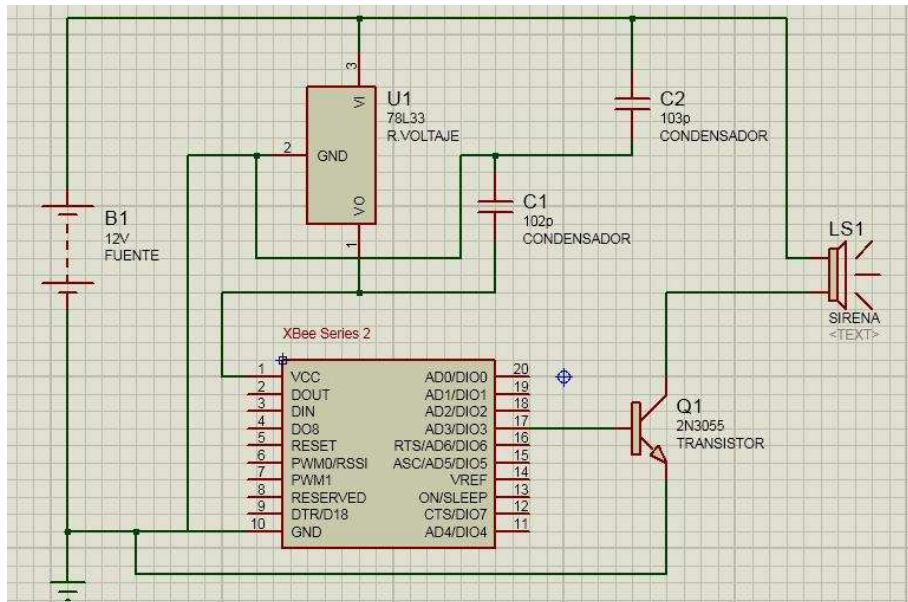


Figura 35 Circuito Sirena

3.3.3 Circuito Pre-Actuador Sensor de Humo

En la siguiente Figura se va a representa el Pre-Actuador para la manipulación del Sensor de Humo, el mismo sirve para la activación de la Sirena, puesto que cuando se active el sensor realizara la acción de activar la Sirena automáticamente, se puede observar que en el circuito la representación del Sensor se realizó únicamente un esquema. (Parallax, 2010)

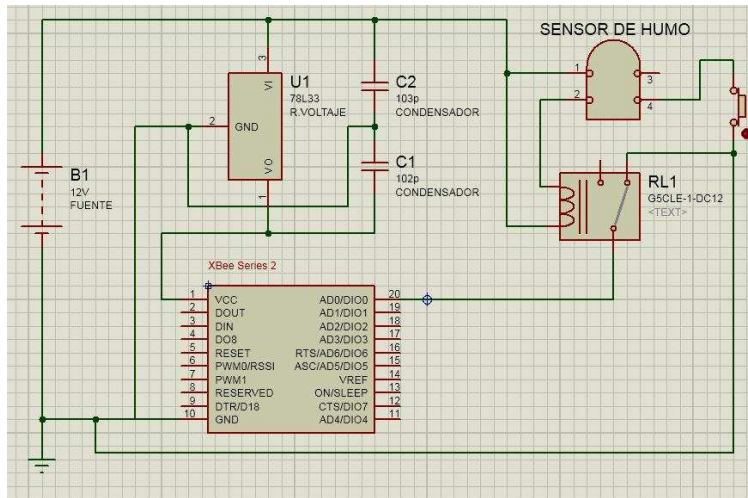


Figura 36 Circuito Sensor de Humo

3.3.4 Circuito Pre-Actuador Sensor de Movimiento.

En la siguiente Figura que se va a mostrar a continuación nos representa el Pre-Actuador para poder manipular el sensor de movimiento, el mismo al activarse nos manipula la sirena, se puede observar que en el circuito la representación del Sensor se realizó únicamente un esquema. (Parallax, 2010).

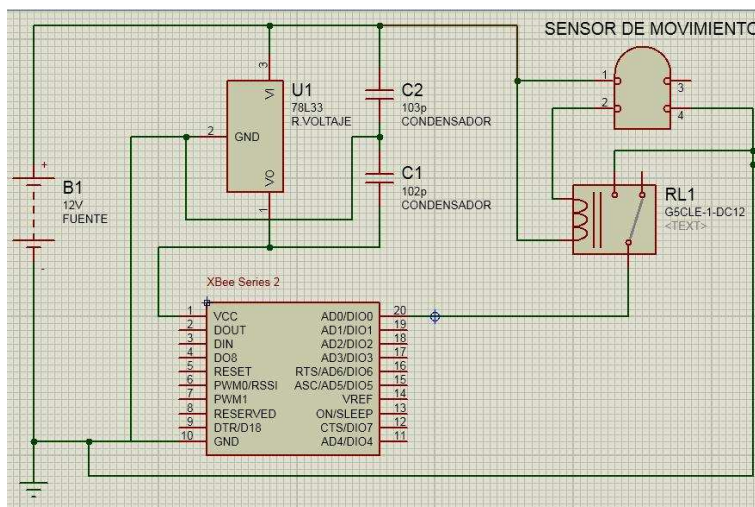


Figura 37 Circuito Sensor de Movimiento.

3.4 Ubicación de los circuitos y componentes en el hogar.

A continuación se van a detallar las ubicaciones de los circuitos en el hogar Domotico, los mismos se colocaron en una caja plástica (negra), y se pegaron en un lugar visible y de fácil acceso por motivos de modificaciones o remplazos de los componentes. (Calvas, 2015)

3.4.1 Circuito de iluminación de la habitación.

Para instalar el circuito en el tomacorriente del dormitorio es recomendable colocar el circuito en la parte inferior del interruptor, para aprovechar la ubicación del mismo, antes de hacer esto se debe bajar todos los breques de la casa para evitar cualquier accidente en el hogar. (Calvas, 2015).



Figura 38 Instalación del circuito de Iluminación de la Habitación

Uno de los circuitos con más complicaciones fue para el sensor de humo, el mismo es diseñado para poder manipular la sirena al momento de su activación. El sensor de humo tuvo que ser modificado, puesto que al momento de activarse se quedaba dando un pulso, el cual impedía que se desactive para una nueva activación. Para solucionar dicho inconveniente, se tuvo que colocar un pulsante para el apagado del sensor luego de que envíe el pulso hacia la sirena, así mismo este circuito fue probado antes de su implementación.

3.4.2 Ubicación del circuito para el sensor de movimiento

Este circuito se colocó a la misma altura del sensor de movimiento, para aprovechar los 12V con los que se alimenta el mismo, ya que dichos 12V nos proporciona el sensor de movimiento, y a parte el pulso del sensor. (Calvas, 2015)



Figura 39 Instalacion del Sensor de Movimientos

3.4.3 Ubicación del circuito para el sensor de humo

El mismo fue ubicado en la cocina del hogar, puesto que en dicho lugar hay más probabilidad de incendios no provocados, el circuito está alimentado de 12V, dicho voltaje nos está proporcionando el adaptador. (Calvas, 2015)



Figura 40 Instalación del Sensor de Humo

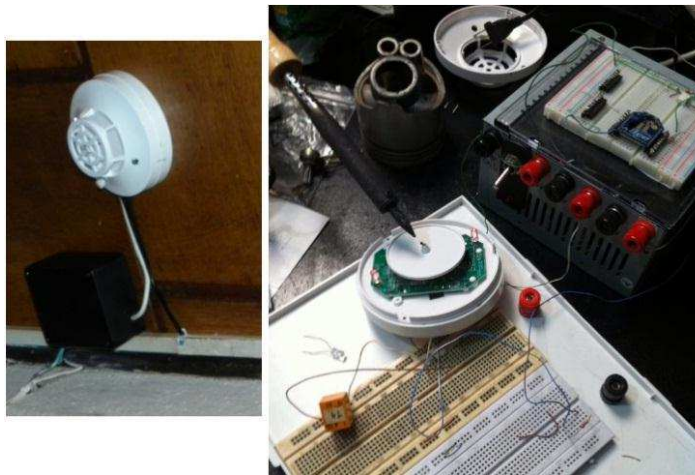


Figura 41 Circuito para el Sensor de Humo

Al momento de realizar pruebas de funcionalidad de los dispositivos XBee, ciertos dispositivos daban un error, el cual fue investigado y se llegaba a la única solución que era hacer un “reseteo” a los dispositivos, lo cual se puede lograr mediante la herramienta del “XBee Explorer” con la opción del “Reset”, y lamentablemente para el desarrollo de este proyecto se había conseguido el “Explorer” que no tiene dicha opción.

3.4.4 Ubicación del circuito para la sirena

El circuito de la sirena fue ubicado en un lugar de fácil acceso, puesto que la sirena está en la parte exterior del hogar.



Figura 42 Instalación del Circuito de la Sirena

3.4.5 Ubicación del circuito de iluminación de la oficina

Al igual que el circuito de iluminación del dormitorio, el circuito de la oficina fue ubicado en la parte inferior del interruptor, así se aprovechara la ubicación del mismo. (Calvas, 2015)



Figura 43 Instalación del circuito de Iluminación de la Oficina

3.5 Implementación en dispositivo móvil.

Para la implementación del proyecto de tesis, se consultó las diferentes opciones que se tenían con la Domótica, puesto que se va desarrollar bajo la plataforma Windows, ya que este Sistema Operativo brinda un mejor entorno de desarrollo, luego de dicho desarrollo continuaremos con el montaje del Servidor en el Sistema Operativo Raspbian, dicho desarrollo se realizará en Java ya que es un lenguaje de programación multiplataforma. (Hernandez, 2010)

3.5.1 Desarrollo del Módulo del Técnico (Servidor)

Para el desarrollo de este módulo lo primero que tendremos que realizar es la instalación del paquete JDK la versión 1.8, en este paquete viene incluido el NetBeans IDE 8, ya que esta herramienta tiene una interacción amigable para el usuario. (Hernandez, 2010)

3.5.2 Instalación del JDK (java)

Para comenzar a desarrollar el sistema lo primero que tenemos que hacer es la instalación de Java, se está utilizando el último paquete de Java (jdk-8u25-nb-8_0_1-windows), este paquete se puede descargar fácilmente desde la página de Oracle (link: <http://www.oracle.com/technetwork/es/java/javase/downloads/jdk-netbeans-jsp-142931.html>), se tiene que verificar si el Sistema Operativo del equipo es de 32 o 64 bits y descargar el que nos compete. (Hernandez, 2010).

Para la instalación se debe tener privilegios de administrador en el sistema, además se debe verificar que el sistema cumpla o supere los requerimientos mínimos de hardware que son. (Hernandez, 2010).

- ❖ 800 MHz Intel Pentium III o equivalente
- ❖ 512 MB de RAM
- ❖ 750 MB de espacio libre

Cabe recalcar que se debe tener privilegios de administrador puesto que el programa de instalación utiliza el %USERPROFILE% \ directorio Local Settings \ Temp para almacenar archivos temporales, a continuación se explican los pasos a seguir para la instalación de Java. (Hernandez, 2010).

1. Hacer doble clic en el archivo de instalación para ejecutarlo.
2. Haga clic en Siguiente, en la página de bienvenida del asistente de instalación.
3. En la pantalla de contrato de licencia de JUnit, si decide instalar JUnit, haga clic en la opción adecuada y luego en siguiente.
4. En la instalación del JDK, especificar el directorio en donde se va instalar el JDK, y hacer clic en siguiente.
5. En la instalación de NetBeans IDE, se puede verificar el directorio en donde se va a realizar dicha instalación. Hacer clic en siguiente.
6. Luego se observa la página en donde se resumen la instalación del software, verificar que todo este correcto y dar clic en Instalar.
7. En la pantalla de finalización, proporcionar los datos de uso anónimos, si lo desea, y hacer clic en finalizar.

3.5.3 Instalación de MySQL

Para instalar MySQL hay que descargar el software WampServer se inicia la instalación ejecutando el archivo WampServer2.0i, se tiene que ejecutar como administrador del equipo, una vez ejecutado hay que seguir los siguientes pasos para la instalación. (Hernandez, 2010).

1. La primera ventana que obtenemos es la bienvenida al Setup Wizard de la instalación pulsamos el botón Next para continuar
2. La siguiente ventana nos muestra el acuerdo de licencia, seleccionamos (*I accept the agreement*)
3. En la siguiente ventana que aparecerá tendremos que determinar en qué directorio se va a realizar la instalación, por defecto nos muestra una ruta

pero si se desea instalar en otro directorio se tiene que pulsar el botón *Browse*, una vez si tiene el directorio destino decidido se pulsa el botón *Next* para continuar.

4. En la próxima ventana seleccionamos los íconos que desea que se creen al momento de instalar automáticamente, ícono en el inicio rápido e ícono en el escritorio, pulsamos en el botón *Next* para continuar.
5. Finalmente se obtendrá una ventana con el resumen de las tareas que va a realizar el *Winzard* de la instalación, se pulsa el botón *Install* y la instalación comenzara.
6. Se verifica que la barra de tareas se incremente continuamente sin problemas.
7. Al momento de la instalación el Firewall de Windows nos bloquea algunas características del Apache HTTP Server en las redes públicas y privadas,
8. La próxima ventana nos muestra el SMTP y el Email, estas opciones se dejara por defecto puesto que no tenemos un servidor SMTP y tampoco una cuenta de Email valida.
9. Se tiene una ventana en donde nos indica que ya hemos terminado la instalación, si se deja chequeado (*Launch WampServer 2now*) el WampServer arrancara en cuanto pulsemos el botón de *Finish*.

Después de seguir todos estos pasos y queremos verificar si arranco o no el servicio de MySQL se va a tener que verificar desde la parte inferior derecha de nuestra pantalla, es ahí en donde nos vamos a dar cuenta si el servicio MySQL arranco o no. (Hernandez, 2010).

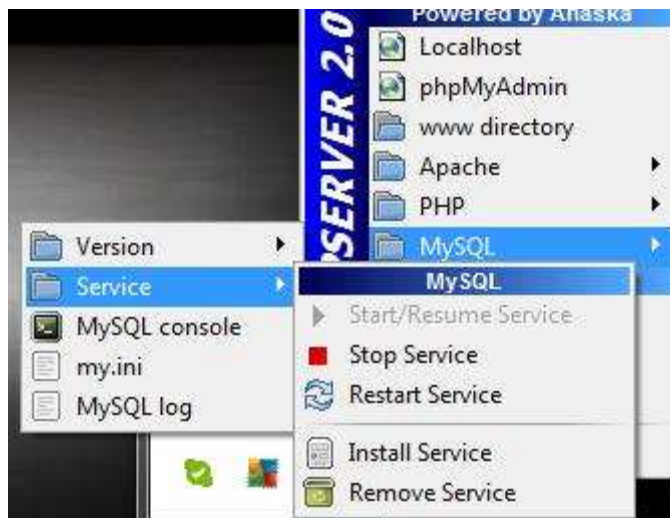


Figura 44 Propiedades de WampServer 2.0

Una vez verificado el arranque del servicio, ya se puede arrancar con MySQL.

3.5.4 Instalación de Librerías necesarias.

Para el desarrollo de nuestro modulo del Servidor, uno de los puntos más importantes es la instalación de las librerías necesarias para abrir el puerto serial, ya que mediante este puerto se realizara la comunicación, es por esta razón que tendremos que descargarnos las librerías (rxtxserial.dll – librxtxSerial.so). (González, 2014).

La librería rxtxserial.dll debe estar en /jre/bin y la librería librxtxSerial.so debe estar en /jre/lib/[machine type], por ejemplo, /jre/lib/i386, esto significa que se tendrá que copiar el archivo .dll a la carpeta lib de donde esté instalado el jdk del equipo en donde se vaya a desarrollar. (González, 2014).

Además se deberá crear una carpeta dentro del proyecto la cual va a contener los archivos .jar que se va a utilizar para el desarrollo, la primera librería es (mysql-connector-java-5.1.22-bin) la cual va servir para la conexión con la base de datos mysql, las librerías (rxtx-2.1.7.jar y RXTXcomm.jar) van a servir para la comunicación mediante el puerto serial. (González, 2014).

3.5.5 Desarrollo

Luego de realizar las instalaciones previamente explicadas, se continúa con la programación que conlleva el Modulo del Servidor y a su vez dicho modulo que va a ser utilizado única y exclusivamente por el Técnico del Sistema, ya que contiene características que únicamente le competen al técnico como las especificamos a continuación. (González, 2014).

- ❖ Creación de Usuarios
- ❖ Modificar Usuario (Características, Privilegios)
- ❖ Eliminación de Usuario
- ❖ Listar Usuarios (Características, Privilegios)
- ❖ Insertar XBee
- ❖ Modificar XBee
- ❖ Listar XBee
- ❖ Eliminar XBee

Al momento de que el Servidor arranca, el mismo queda a la escucha de una petición de un cliente para su funcionalidad, es así que cuando un cliente se conecta el Modulo del Servidor muestra la siguiente imagen de login en donde podrá entrar única y exclusivamente el Técnico del Sistema. (González, 2014)



Figura 45 Inicio de Sesión

Luego de visualizar la Imagen de Login y una vez identificados (Técnico), se podrá observar la imagen en donde dará a escoger dos opciones (Usuarios – Dispositivos). (González, 2014).



Figura 46 Opciones del Módulo del Servidor

Al escoger una de las dos opciones mostrará las características de cada una de ellas, es así que al escoger la opción de Usuarios se tiene la interfaz en donde se podrá realizar la Inserción, modificación, eliminación y listado de Usuarios, he aquí su imagen. (González, 2014).



Figura 47 Opciones de Roles y Usuarios

Al escoger la Segunda opción (Dispositivos) se podrá dar en cuenta que es la ventana más importante en el Sistema Domotico ya que permite interactuar con los dispositivos XBee que son la parte primordial del Proyecto, es así que permite Ingresar, modificar, eliminar y listar los dispositivos que se tienen conectados en el Sistema Domotico. (González, 2014).

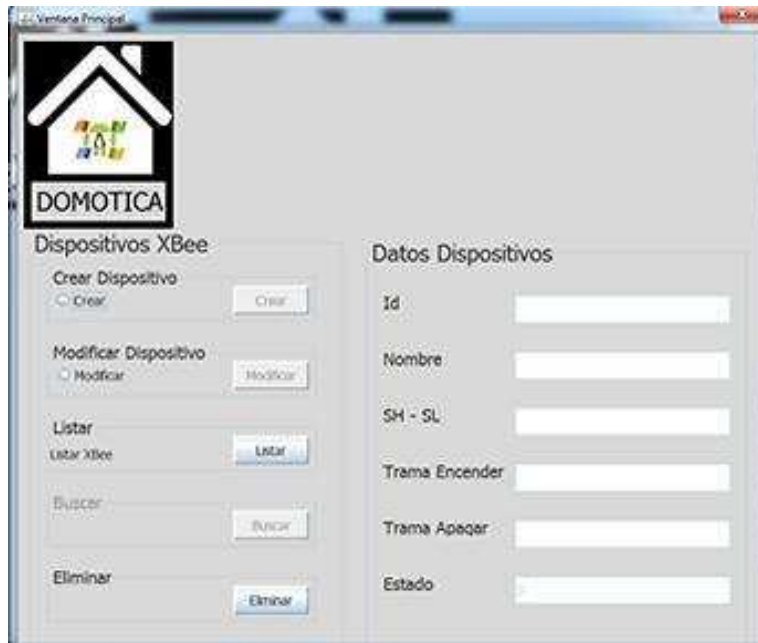


Figura 48 Opciones Dispositivos XBee

3.6 Pruebas del Servicio de Comunicación

En estas pruebas del servicio de comunicación se van a realizar un sin número de pruebas en este módulo, puesto que de ello depende el correcto funcionamiento del sistema en su totalidad, estas pruebas se las harán en 3 grandes grupos con subgrupos. (Gutierrez, 2012)

3.6.1 Pruebas de conexión con la Base de Datos.

El sistema está diseñado para ejecutar un mensaje de error al momento que no se inicialice correctamente la base de datos, o a su vez cuando falte algún dato en la conexión de la base de datos. Cabe recalcar que mientras no haya conexión con la base de datos no se ejecutará la aplicación del servidor, si se logra visualizar la

pantalla de la aplicación del servidor, podremos saber que todo esta funcionando correctamente y que la conexión a la base de datos se realizo con éxito.

Si se da el caso que al momento de introducir los campos del formulario de login lo hace incorrectamente, va aparecer un mensaje de advertencia en donde indica que los datos están mal ingresados, y esta nos va a dar la opción de rectificarlo. (Gutierrez, 2012)

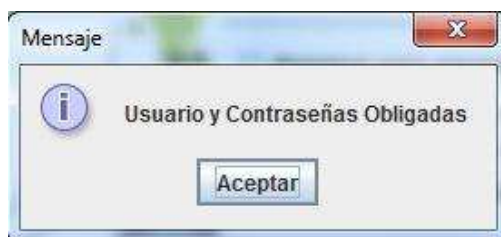


Figura 49 Mensaje de usuario y contraseña obligados

Otro mensaje de error saldrá cuando se tiene llenado todos los campos de creación de usuarios, pero a su vez no se asignado un rol o los permisos para este usuario.

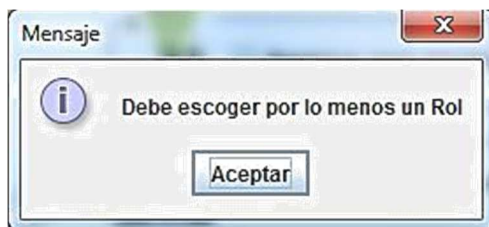


Figura 50 Mensaje de error al asignar los roles

Al momento de introducir todos los datos, saldrá un mensaje de que los datos se han introducido correctamente

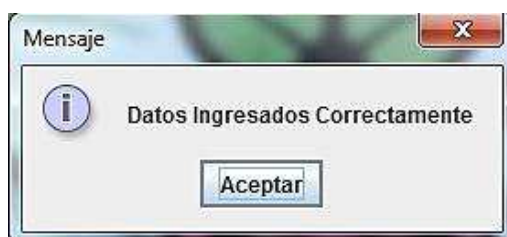
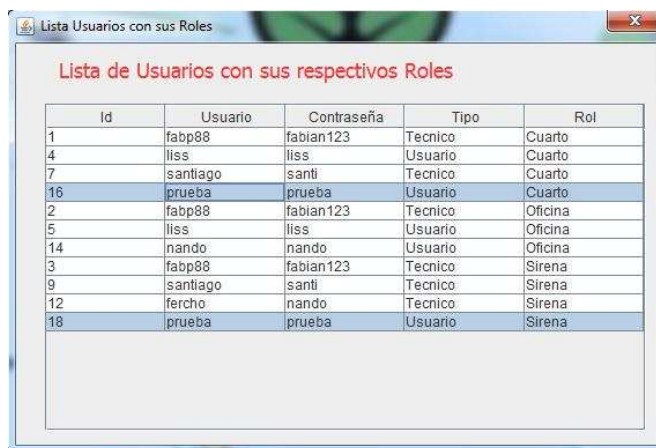


Figura 51 Mensaje de confirmación de datos correctos

3.6.2 Prueba de listado de Usuarios.

Anteriormente en las Pruebas de Creación de usuarios, se ha creado un Usuario llamado Prueba, se aprovechará dicho usuario para verificar si la Aplicación se encuentra listando correctamente, se podrá verificar al momento de listar los roles que se les asigno a cada uno de los usuarios. (Gutierrez, 2012).



Id	Usuario	Contraseña	Tipo	Rol
1	fabp88	fabian123	Tecnico	Cuarto
4	liss	liss	Usuario	Cuarto
7	santiago	santi	Tecnico	Cuarto
16	prueba	prueba	Usuario	Cuarto
2	fabp88	fabian123	Tecnico	Oficina
5	liss	liss	Usuario	Oficina
14	nando	nando	Usuario	Oficina
3	fabp88	fabian123	Tecnico	Sirena
9	santiago	santi	Tecnico	Sirena
12	fercho	nando	Tecnico	Sirena
18	prueba	prueba	Usuario	Sirena

Figura 52 Listado de los Usuarios con sus roles respectivos

3.6.3 Pruebas de Modificación de Usuarios

Para lograr modificar un Usuario se tendrá que ingresar a la opción de usuarios, una vez ahí se ingresará el nombre del usuario a modificar en el campo de búsqueda, una vez que se ha encontrado el usuario, automáticamente se llenarán los datos del mismo y se procederá a cambiar un rol por otro al usuario prueba, es decir, ahora ya no tendrá privilegios para encender la iluminación del cuarto pero si para la iluminación de la oficina y la activación de la sirena, se lista los usuarios para verificar posteriormente la modificación. (Gutierrez, 2012)

Una vez que se hayan ingresado todos los datos que se desea modificar, se va a proceder a pulsar el botón de Editar en la opción de aplicación, y seguidamente va aparecer un mensaje el cual nos va indicar que todo el proceso se ha modificado correctamente. (Gutierrez, 2012).



Figura 53 Mensaje de datos modificados correctamente

3.6.4 Pruebas de Eliminación de Usuarios

Para poder eliminar un Usuario lo que se tendrá que verificar es el código que se le asignado a dicho usuario, para ello se tendrá primero que buscar al usuario, una vez que se tiene el código (6) del usuario a eliminar, se tiene que introducir en el campo de eliminación de usuarios, y se tendrá que pulsar el botón de eliminar, nos aparecerá un mensaje de dialogo que indica que dicho usuario se ha eliminado correctamente.

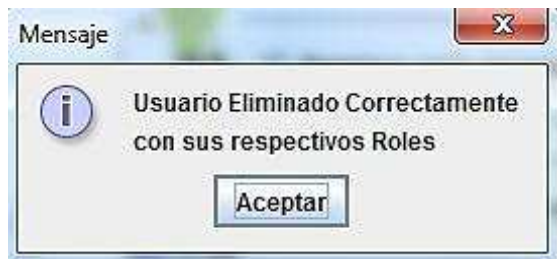


Figura 54 Mensaje de que se ha eliminado correctamente el usuario

3.8 Implementación del Cliente en Android

Para la implementación del módulo para el cliente en la plataforma de Android se tiene que verificar la versión que tiene el dispositivo ya que está desarrollado para poder ejecutarse en una versión mayor que 4.2.2. Al igual que el cliente en Windows esta implementación en Android presenta una ventana de Login, cabe recalcar que únicamente podrán ingresar los usuarios previamente registrados.

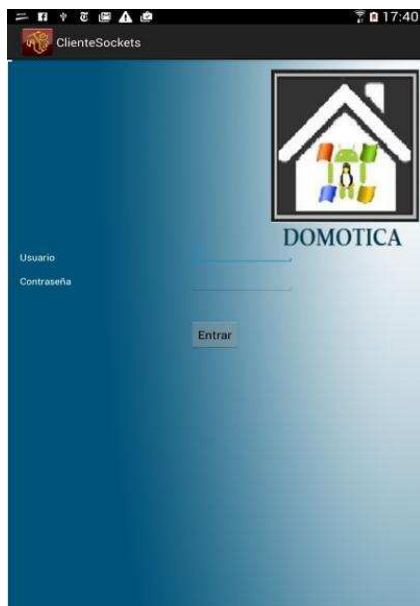


Figura 55 Inicio de sesión del Cliente Android

La siguiente ventana presenta la unión de las dos plantas del hogar, puesto que tenemos la manipulación de la iluminación del cuarto y de la Oficina, el proyecto consta de un botón de pánico el mismo que nos sirve para activar o desactivar la alarma, o a su vez se puede activar automáticamente cuando algún sensor detecta presencia o calor (sensor de humo – sensor de movimiento).



Figura 56 Opciones del cliente Android

3.8.1 Pruebas en la plataforma Android

Se verificara la conexión al servidor desde un usuario en Android, al momento de abrir nuestra APP, al igual que en Windows aparece la ventana de login, aquí se debe introducir un nombre de usuario y contraseña válidos, al momento de escribir un nombre incorrecto o una contraseña no válida da el siguiente error

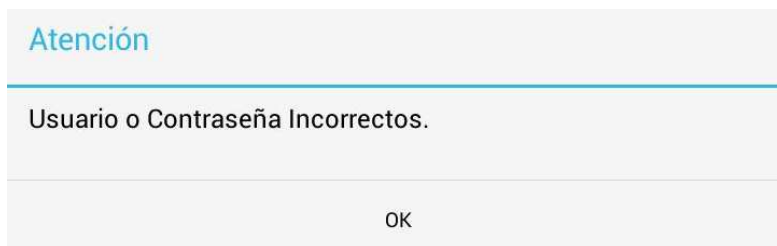


Figura 57 Usuario o contraseña incorrectos

Ahora introduciremos un nombre de usuario y contraseña que sean válidos o que exista en la base de datos del servidor. Si es que se puede acceder a la siguiente ventana es porque realmente existe comunicación por medio de sockets con nuestro servidor, al igual que en Windows cada usuario tiene sus propios privilegios que fueron anteriormente habilitados por el servidor al momento de su creación, en esta aplicación se puede observar que las dos plantas del hogar están detalladamente definidas, así se tiene en la primera planta o planta baja el mando de encender o apagar el foco de la oficina, y a su vez el sensor de humo el cual activara automáticamente la serena. (Gutierrez, 2012).



Figura 58 Encendido o apagado de la iluminación

En la segunda planta del hogar se tiene el botón para la manipulación de la

iluminación del cuarto así como también la activación de la sirena, y a su vez el sensor de movimiento que activa la sirena automáticamente.



Figura 59 Opciones de la planta Alta

Con todo esto se puede comprobar que el cliente Android en realidad se está comunicando por medio de sockets, puesto que todas las peticiones que se ha ido realizando, el servidor que es el que devuelve una respuesta de acuerdo a la actividad solicitada.

3.9 Domótica con la aplicación Solidmation

El control del hogar donde sea que estés

El Sistema Habeetat integra sensores, cerraduras, luminarias, motores, termostatos y otros artefactos de tu hogar, a través de sus dispositivos. Estos se comunican entre sí y con vos para ofrecerte seguridad, confort, ahorro energético y posibilidades ilimitadas que convierten tu casa en un hogar inteligente. (Solidmation, 2015).



Figura 60 El cerebro de la casa Inteligente



Figura 61 El Nexa con los artefactos del hogar



Figura 62 Complementos Inteligentes

3.9.1 Iluminación

Combinando dispositivos y sensores específicos para cada luminaria se puede ajustar el nivel de luminosidad en cada ambiente de acuerdo al nivel de luz natural. Programar rutinas de encendido y apagado en función de la salida y puesta del sol. Utilizando sensores de presencia se pueden controlar las luces de las habitaciones de acuerdo su uso y activar la función “follow me”. (Solidmation, 2015).



Figura 63 Iluminación

3.9.2 Cámaras

Viene con integración nativa con un sistema de video vigilancia en la aplicación MyHabeetat que monitorea las cámaras de tu casa en tiempo real desde cualquier smartphone, PC o pantalla táctil desde donde estés, permitiendo poder tener una seguridad así no estés en tu casa. (Solidmation, 2015).



Figura 64 Cámaras

3.9.3 Medición del Consumo

Esta aplicación del Habeetat permite realizar el seguimiento de los consumos de los medidores de energía eléctrica, agua y gas que son asociados a los diferentes dispositivos del sistema. (Solidmation, 2015).



Figura 65 Medición del consumo

3.9.4 Control infrarrojo

El Sistema Habeetat integra los artefactos eléctricos que se comandan por control remoto. Permite aprender y almacenar códigos infrarrojos de los controles remotos comerciales, y operarlos a demanda, automatizando de manera efectiva sistemas de climatización, aparatos de TV, home-theater, etc. (Solidmation, 2015).



Figura 66 Control Infrarrojo

3.9.5 Cerraduras

Integración nativa con cerraduras electrónicas. No sólo podrás gestionarlas sino también integrarlas a eventos o acciones programadas. Incluso recibir un mail en tu teléfono cada vez que una puerta sea abierta. (Solidmation, 2015).



Figura 67 Cerraduras.

3.9.6 Climatización

A través del soporte para los termostatos por medio de WiFi y los dispositivos del Sistema Habeetat, se puede medir, ajustar y programar la temperatura óptima para cada espacio de tu casa. (Solidmation, 2015).



Figura 68 Climatización

3.9.7 Alarmas de Seguridad

Armar, desarmar, monitorear y controlar el estado de la alarma de tu hogar desde cualquier dispositivo en forma local o remota es posible con el Sistema Habeetat. Con sólo tocar una tecla, se pueden apagar todas las luces y los equipos de climatización, bajar las cortinas y armar la alarma. (Solidmation, 2015).



Figura 69 Alarmas de Seguridad

3.9.8 Cortinas

Mediante esta aplicación se pueden programar las cortinas para que mantengan el nivel de luz deseado, ya sea para que estén en un ambiente o para usarlas como un despertador “virtual” es posible programar las cortinas para que se abran con la salida del sol. (Solidmation, 2015).



Figura 70 Cortinas

3.9.9 Música

La aplicación Habeetat ofrece como una integración nativa los sistemas de música multi-room inalámbricos Sonos TM. Nos permiten escuchar una estación de radio o nuestro listado de temas favoritos en combinación con el manejo de la iluminación, cortinas, escenas, etc. (Solidmation, 2015).



Figura 71 Música

3.9.10 Piscina y Riesgos

Con esta aplicación nos va hacer posible poder programar rutinas de filtrado y riesgo mediante alguna hora, fecha y estación del año, o simplemente para que esta aplicación se active basándose en una información suministrada por el canal meteorológico. (Solidmation, 2015).



Figura 72 Piscina y Riesgo

3.9.11 Acciones

Programar acciones en el tiempo o acciones que se activen automáticamente ante determinados eventos. Con un simple comando se puede combinar el accionamiento de las cortinas, fijar el nivel de atenuación de las luces de una habitación y escuchar tu lista de temas favoritos generando una atmósfera perfecta. (Solidmation, 2015).



Figura 73 Acciones

3.9.12 Mensajes y Alertas

El Sistema Habeetat se comunica con vos enviándote mensajes vía mail o Twitter para mantenerte al tanto de la actividad de tu hogar: puedes recibir imágenes capturadas por las cámaras de seguridad al momento de dispararse la alarma, informarte sobre quién acaba de abrir una cerradura o simplemente avisarte que se detectó presencia en un determinado lugar. (Solidmation, 2015).



Figura 74 Mensajes y Alerta

CAPITULO 4

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, APORTACIONES Y ANEXOS

CONCLUSIONES

Después de culminar con el trabajo de investigación podemos concluir que para adquirir este servicio de un hogar Domotico no es necesario tener un estatus económico alto, ya que si se tiene un estatus económico medio, si será posible de que convierta su hogar en una casa Inteligente teniendo herramientas básicas como un Android con sistema operativo 4.2.2 en adelante o una computadora ya sea portátil o de escritorio con Windows 7 en adelante, algo que en un hogar de status económico medio es muy común encontrar.

Según las investigaciones realizadas podemos asegurar que el dispositivo Zigbee o más comúnmente conocido como XBee da muchas ventajas frente a otras tecnologías inalámbricas como el Bluetooth y el Wifi que son 2 tecnologías muy conocidas en el mercado por su gran comercialización.

Hay muchas empresas que brindan este servicio Domotico con un sin número de ventajas como el caso de Solidmation o Newsletter que son los más conocidos, sus precios están por encima de los \$30.000 en la instalación de sus equipos para transformar la casa habitual en una casa Domótica, mientras que los dispositivos XBee se los puede encontrar en la ciudad de Quito desde los \$100 en adelante y de esa manera uno mismo hacer el proceso de configuración y programación manualmente.

En una casa de status medio no hay gran variedad de cosas a las que podamos hacerlas inteligentes, por lo general se puede controlar el encender y apagar de las luces ya que muchas veces es molesto levantarse e ir hasta el interruptor pudiendo realizar esta tarea con el celular de una manera más sencilla y rápida.

En los hogares con un status económico más elevado pueden hacer mas variedades con este dispositivo como por ejemplo poner cámaras de vigilancia en la puerta de la casa para ver quién entra y sale, así mismo poner cámaras en los dormitorios para saber si sus hijos están haciendo la tarea o durmiendo, esto se verá en el dispositivo móvil.

Hay varios tipos de Xbee pero en lo estudiado concluimos que por ahora la más conveniente para hacer este tipo de trabajos es el Xbee Series 2, este tiene una mejora tanto en alcance con obstáculos llega a los 40 metros y sin obstáculos alcanza los 120 metros y cuenta con una potencia de salida de 2mW, esto es algo muy favorable ya que las casas no saben pasar de los 40 metros.

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones podemos decir que en la tecnología inalámbrica de XBee ha mejorado con respecto a otras tecnologías como el WiFi y el Bluetooth que a espacio cerrado no pasan de los 20 metros, el Xbee Series 2 lo han mejorado a 40 metros para los hogares grandes, pero sin embargo en zonas con un status más elevado que cuentan con piscinas y canchas, solo en esos casos los 40 metros no serán suficiente por lo que sería recomendable que salga una nueva versión mejorando su potencia y con ello su alcance.

Otra recomendación sería de hacer primero una especie de maqueta en forma de su hogar antes de hacerlo en su propia casa para que de esa manera vea la reacción de los circuitos por medio del Protoboard y hacer varias pruebas en el programa Proteus y en Altera para ver la reacción de una manera virtual como en la que se muestra en el capítulo 3.3.

Al momento de trabajar con los dispositivos Zigbee es recomendable que se los configure como “Router API” por lo estudiado en el marco

teórico, nos damos cuenta que tiene más privilegios en su funcionalidad comparado con “End Device API” ya que en el Router API todos los dispositivos se van a poder conectar entre si, de esta manera cuando el Coordinador API envíe una señal todos lo van a recibir y se va a retransmitir hasta que la señal llegue al dispositivo correspondido ya que hay mas interacción que hacerlo por medio del End Device API.

Otra recomendación es no usar la opción “AT” y usar la opción “API” para poder trabajar de una manera directa con un Pin específico del ZigBee, haciendo esto se podrá enviar una señal desde el coordinador y si esta activo ponerle “Up” y si este no está activo se le pone “Down” mediante una trama, recordar también que las tramas se manejan en Hexadecimal es decir 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, y 16 que se lo representa con la letra F.

Para que la persona esté siempre en comunicación con su casa desde su trabajo o en otra casa o ciudad, se le recomienda a que tenga un dispositivo móvil con sistema operativo “Android” y tenga un plan de datos desde cualquier operadora, con el objetivo de que pueda tener acceso al sistema y desde afuera pueda controlar o monitorear lo que está sucediendo en su Hogar Domotico. La aplicación está programada para tener acceso a ella usando internet desde cualquier parte del mundo.

ANEXOS



Figura 75 Hogar Domotico ya instalado



Figura 76 Comodidad en cualquier lugar

Como se puede observar en esas 2 imágenes las casas Domóticas tienen bastantes artefactos que funcionan con electricidad y muchas veces los dueños de ese hogar no están pendientes de si esta todo apagado y son a ellos que les sale bastante en las planillas por consumo eléctrico, por esa razón ellos han optado por pagar un servicio en el cual les ayude a controlar todos los artefactos eléctricos que generan un alto consumo y a su vez generan una mejor calidad de vida en confort.

Estas grandes en Domótica empresas conocidas como Newsletter o Solidmation son especialistas en dar un buen servicio en donde controlen todos los dispositivos electrónicos usando equipos con tecnología inalámbrica que funcionan como Bluetooth, como por ejemplo:



Figura 77 HPA - 2140

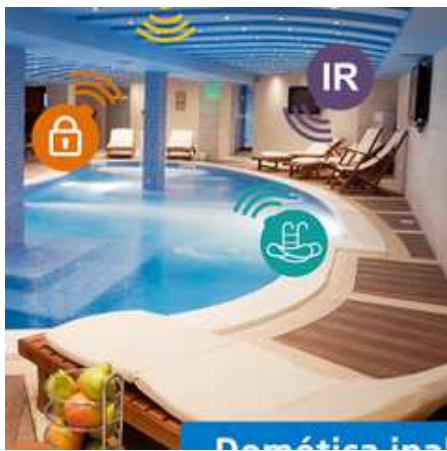


Figura 78 HPA – 2160



Figura 79 HPA - 2300

Estos 3 equipos mostrados en las imágenes funcionan con tecnología inalámbrica Bluetooth para conectarse entre ellos y con Wifi para conectarse con el dispositivo móvil, estos equipos en su efecto son lujosos y a su vez son muy caros que los da la empresa Solidmation junto a la instalación y configuración por un precio de:



Domótica - Kit Inicial

\$37.220,00

Se diseña y construye espacios sofisticados e inteligentes posibilitando un ahorro en los consumos y una mejora en la calidad de vida de los usuarios.

Figura 80 Domótica Precio Inicial

ANEXOS 2

Modulos Xbee Series 2

Publicado 7 Jul Quito, Pichincha



\$125
Negociable

Carlos Eras
En OLX desde Julio 2015

0987821566

Cuando llames, indica que viste OLX

Nombre

Mensaje

E mail

Figura 81 Modulos XBee Seires 2

Con los dispositivos XBee Series 2 se puede hacer lo mismo que con los modelos mostrados, la ventaja es que son más económicos y más sencillos de usar y configurar si analizamos los precios es excesivo ya que con 50 nodos de Xbee Series 2 se puede controlar todo un hogar Domotico.

Cada nodo completo del XBee Series 2 tiene un precio de \$125 si queremos controlar un hogar Domotico se necesitarían alrededor de 50 XBee Series 2 por lo que sacando valores se irá $\$125 \times 50 = \6250 de eso se suma la mano de obra en instalación y configuración.

ANEXOS 3

En hogares de un status alto si se gastaría bastante en lo que la instalación de esos dispositivos por lo que son casas más grandes y mejor equipadas, sin embargo en un hogar de un status económico medio no se va a necesitar de mucho ya que seria para controlar algo más básico y sencillo como las luces de la casa.



Figura 82 Colocación de Zigbee en el Dormitorio

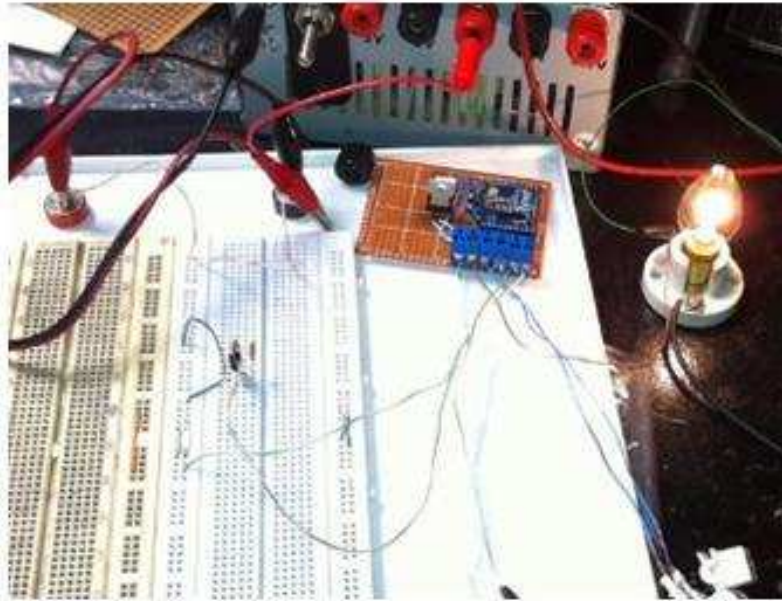


Figura 83 Circuito armado para la alimentación del dormitorio

Una casa de status medio tiene alrededor de 8 focos, si se desea controlar se necesita tener un dispositivo móvil con sistema operativo Android de versión 4.2.2 para poder manipular el sistema Domotico de las luces del hogar y para configurar el Zigbee se necesita una laptop o computadora de escritorio con Windows 7 en adelante.

Son herramientas que están al alcance de una familia en un hogar de status económico medio en donde no necesite poner cámaras de vigilancia medidor de temperatura controlar el encendido y apagado del regador de agua de las plantas entre otros artefactos lujosos que hay en los hogares de status alto.

Bibliografías

Alibaba. (15 de 3 de 2015). *casa inteligente con dispositivo Zigbee*. Obtenido de casa inteligente con dispositivo Zigbee: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/zigbee-smart-plug-socket-for-smart-home-smart-socket-with-free-app-60159231531.html>

Anales de Mecanica y Electricidad. (25 de agosto de 2011). *Gestión de redes inteligentes domésticas mediante ZigBee Smart Energy*. Obtenido de Gestión de redes inteligentes domésticas mediante ZigBee Smart Energy: http://www.revista-anales.es/web/n_16/seccion_3.html

Calvas, A. S. (18 de enero de 2015). *Diseño e implementacion de un sistema Domotico basados en el protocolo Zigbee*. Recuperado el 22 de julio de 2015, de Diseño e implementacion de un sistema Domotico basados en el protocolo Zigbee: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7814/1/UPS-CT004664.pdf>

Cerezo, M. R. (Octubre de 2014). *SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA APLICACIONES DOMÓTICAS*. Obtenido de SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA APLICACIONES DOMÓTICAS: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20141107MarioRodriguezCerezo.pdf>

Day, J. (13 de 11 de 2012). *IAR Embedded Workbench*. Obtenido de IAR Embedded Workbench: <http://johndayautomotivelectronics.com/iar-embedded-workbench-adds-8051-programming-aids/>

Energim. (14 de septiembre de 2012). *Domotica*. Obtenido de Domotica: <http://www.energim.eu/Domotica.aspx>

FineTek. (9 de 5 de 2014). *Los sensores de niveles inteligentes de Zigbee*. Obtenido de Los sensores de niveles inteligentes de Zigbee: http://www.finetek.com/main/news_in.aspx?mnuid=1420&modid=77&nid=140

Forrum, D. (Mayo de 2012). *Preguntas recientes y respuestas en ZigBee Smart Energy*. Obtenido de Preguntas recientes y respuestas en ZigBee Smart Energy: <http://www.digi.com/support/forum/rf-solutions-and-xbee/zigbee-smart-energy>

González, J. I. (18 de junio de 2014). *Desarrollo e implementación de una red inalámbrica*. Obtenido de Desarrollo e implementación de una red inalámbrica: http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11846/TFG_IraceburuGonzalezJulen2014.pdf?sequence=1

Guerrero, M. F. (24 de enero de 2010). *Objetivos de entrada y salida zigbee*. Obtenido de Objetivos de entrada y salida zigbee: <http://251m01so.blogspot.com/2009/12/521-objetivos-de-software-de-entrada-y.html>

Gutierrez, J. M. (14 de noviembre de 2012). *Implementacion de sistemas de sensores inalambricos con tecnologia XBee*. Obtenido de Implementacion de sistemas de sensores inalambricos con tecnologia XBee: http://unicarlos.com/_ARDUINO/Arduino%20+%20XBee.pdf

Hernandez, E. A. (Noviembre de 2010). *Diseño e Implementacion de una red Zigbee*. Obtenido de Diseño e Implementacion de una red Zigbee: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1171/1/digital_19963.pdf

Hoperf Electronic. (s.f.). *Wireless Chipsets and Modules*. Obtenido de Wireless Chipsets and Modules: <http://www.hoperf.com/rf/zigbee/?gclid=CMnD7JmL3McCFVAGkQodvTgCmw>

Liu, L. (10 de 6 de 2014). *Comunicacion inalambrica en casa domotica*. Obtenido de Comunicacion inalambrica en casa domotica: Luyan Liu

M., M. G., & Macias, M. G. (23 de mayo de 2012). *zigbee*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de Domotica: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

Montserrat, F. A. (2012). *Implementacion de un Protocolo de Arquitectura Domotica usando Protocolo Zigbee*. Obtenido de Implementacion de un Protocolo de Arquitectura Domotica usando Protocolo Zigbee: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10796/1/56.pdf>

Morales, M. (14 de 6 de 2010). *protocolo de red de sensores inalámbricos de baja potencia*. Obtenido de protocolo de red de sensores inalámbricos de baja potencia : <http://www.embedded.com/design/real-time-and-performance/4007600/Eeny-Meeny-Miney-Moe-choosing-the-right-low-power-wireless-sensor-network-protocol-Part-3>

Moreno, J. (23 de 5 de 2012). *Conexion inalambrica Zigbee*. Obtenido de Conexion inalambrica Zigbee: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

Oyarce, A. (Julio de 2010). *XBEE Series 1*. Obtenido de XBEE Series 1: file:///D:/Mis%20documentos/Downloads/XBee-Guia_Usuario.pdf

Pacheco, A. C. (14 de enero de 2015). *Diseño de un Sistema Domotico*. Obtenido de Diseño de un Sistema Domotico: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7814/1/UPS-CT004664.pdf>

Palacios, M. E. (14 de 4 de 2015). *protocolo zigbee*. Recuperado el 18 de 7 de 2015, de <https://www.zybuluo.com/yiltoncent/note/128986>

Parallax. (2 de enero de 2010). *Xbee Adapter Board*. Obtenido de Xbee Adapter Board: <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/xbee-adapter-board-documentation-32403.pdf>

Patrick Yang, F. (27 de 9 de 2012). *factores a considerar al seleccionar un controlador ZigBee para su diseño*. Obtenido de factores a considerar al seleccionar un controlador ZigBee para su diseño: <http://www.embedded.com/design/connectivity/4026137/Factors-to-consider-when-selecting-a-Zigbee-controller-for-your-design>

Robalino, F. (14 de 1 de 2015). *RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO* . Obtenido de RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO : http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8604/1/Tesis_t962ec.pdf

Solidmation. (2015). *Domotica en la palma de tu mano*. Obtenido de Domotica en la palma de tu mano: <http://www.solidmation.com/>

Taringa, G. (2 de septiembre de 2011). *Especificaciones del Zigbee*. Recuperado el 5 de agosto de 2015, de Especificaciones del Zigbee: <http://www.taringa.net/post/ciencia-educacion/11101078/Si-no-conoces-nada-de-Zigbee-mejor-entra.html>

ublox. (29 de 1 de 2014). *Evaluación de seguridad de red de Zigbee*. Obtenido de Evaluación de seguridad de red de Zigbee: <http://support.connectblue.com/display/PRODBTPLA/cB-OLP425+Development+Kit+Getting+started>

Vision World Tech. (29 de marzo de 2014). *Zigbee de trabajo y formacion*. Obtenido de Zigbee de trabajo y formacion: <http://plcscadaatvision.com/zigbee-working-training/>

Wiley, J. (2009). *Wireless Sensor Networks*. Obtenido de Wireless Sensor Networks: <http://www.ing.unibs.it/~wsnlab/download/WirelessSensorNetworks.pdf>