



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)  
PARA EL CONDOMINIO ANNABELLA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Tecnólogo de Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía  
Henry Burbano

Autor  
Carlos Andrés Saavedra Cano

Año  
2015

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el (los) estudiante(s), orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

---

Henry Burbano  
C.I.171147608-3

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Carlos Andrés Saavedra Cano  
C. I.080219945-5

## **AGRADECIMIENTOS**

Los resultados obtenidos en este trabajo, debo darle primero las gracias a Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta etapa en mi vida profesional.

Mis más sinceros agradecimientos a mi Director de Tesis Ing. Henry Burbano, por toda su colaboración, dedicación y el tiempo invertido para la culminación de este trabajo.

A mis profesores por su paciencia y enseñanza impartida a lo largo de mi vida estudiantil.

A la Universidad de las Américas, sus directivos y personal administrativo por estar siempre prestos a tenderme la mano cuando lo he necesitado.

A mis compañeros con los que a lo largo de mi carrera tuve la oportunidad de compartir momentos buenos y malos de nuestras vidas.

De manera muy especial quiero agradecer a mi familia que siempre ha estado ahí para apoyarme, aconsejarme y con la que siempre he podido contar.

Muchas Gracias

Carlos Andrés Saavedra Cano

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado de manera especial a mi padre, porque desde donde este ha sabido iluminar cada uno de mis pasos guiándome siempre alcanzar mis sueños, gracias padre, sé que si estuvieras aquí te sentirías muy orgulloso de mí.

A mi madre, por su entereza para tomar las riendas de nuestro hogar cuando más lo necesitamos, gracias mami por ser mi apoyo incondicional en cada una de mis batallas.

A mi hermana por ser parte importante de mi vida, llenándome día a día de alegrías con sus triunfos y regalándome una sonrisa cuando la he necesitado gracias Mary te quiero mucho.

A mi amada esposa por ser mi amiga, confidente y por estar a mi lado siempre incentivándome a ser cada día mejor. Te amo Gabriela

Carlos Andrés Saavedra Cano

## RESUMEN

Una Red de Sensores Inalámbricos es una infraestructura dedicada al monitoreo, computación y comunicación de datos que le permiten a una entidad administrativa instrumentar, monitorear y reaccionar a eventos o fenómenos en un ambiente específico.

El objetivo de esta investigación es implementar una Red de Sensores Inalámbricos, utilizando el protocolo ZigBee y el estándar IEEE 802.15.4, que permita proteger los bienes de los habitantes del Condominio Annabella, ubicado en el sector el Inca calles Samuel Fritz y Joaquín Sumaita de la ciudad de Quito, Ecuador.

En el desarrollo de la factibilidad del presente trabajo se pudo establecer que este proporciona a los habitantes del condominio Anabella seguridad tanto a sus bienes como a sus miembros y la tecnología a utilizar garantiza la detección de posibles amenazas presentadas en a lo largo de la historia del condominio.

En el proceso de diseño en instalación se detectaron las áreas de alto riesgo y sus formas de control, facilitando su uso por medio de equipos de alta tecnología que permitan ser controlados por los usuarios para luego dar aviso a las entidades correspondientes.

La propuesta de este sistema es confiable, eficiente y rentable, de modo que pueda ser reproducido en otros condominios que no cuentan con un sistema de seguridad que brinde a sus habitantes la protección tanto de sus bienes como de sus miembros, ya que la tecnología a utilizar garantiza la detección de posibles amenazas existentes.

## ABSTRACT

A wireless sensors network is a infrastructure to dedicate the monitoring, computing and data communication that to allow an entity administration to implement, monitor and react to events or specific phenomena in a specific environment.

The objective of this research is to implement a wireless sensor network, using the protocol ZigBee a the standard IEEE802.15.4, that allow to defending the residents of the “Annabelle” condominium, located in the area of the Inca road Samuel Fritz and Joaquin Sumaita of Quito city, Ecuador.

In developing the feasibility of this study, it was established that this provides to the residents of the “Annabella” Condominium security both goods and their members and the technology used ensures the detection of possible threats posed throughout history Condominium.

The high-risk areas and forms of control were detected in the design process installation, facilitating their use by high-tech equipment that allow to be controlled by users and then give notice to the appropriate entities.

The purpose of this system is reliable and cost-efficient, so it can be replicated that do not have a security system that provides its inhabitants both their property and their members, being that the technology used ensures the detection of possible existing threads.

# ÍNDICE

MARCO REFERENCIAL.....	1
Introducción .....	1
Formulación del problema .....	3
Objetivos:.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Justificación del problema .....	4
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Redes de datos .....	5
1.2.1 Clasificación de redes de datos .....	6
1.2.1.1 Clasificación según tecnología de transmisión .....	6
1.2.1.2 Clasificación según escala de la red.....	8
1.2.1.3 Clasificación según tipo de comunicación .....	11
1.2.1.4 Clasificación según su topología .....	12
1.2.1.5 Clasificación según el medio de transmisión. ....	19
1.2.2 Protocolos de comunicación .....	20
1.2.3 Estándares de comunicación .....	23
1.2.4 Organismos internacionales de normalización.....	24
1.2.4.1 Organización de Estándares Internacionales (ISO).....	24
1.2.4.2 Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) .....	24
1.2.4.3 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) .....	25
1.2.5 Modelos de referencia.....	26
1.2.5.1 Modelo Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) .....	26
1.2.5.2 Modelo TCP/IP .....	28
1.2.6 Redes Inalámbricas.....	29
1.2.6.1 Estándar IEEE 802.11 .....	30
1.3 Sensores .....	31
1.3.1 Clasificación de sensores.....	32



1.3.1.1 Sensores de presencia .....	32
1.3.1.2 Sensores magnéticos .....	34
1.4 Redes de sensores.....	35
1.4.1 Red de Sensores Inalámbricos ( <i>WSN, Wireless Sensor Network</i> ) ..	36
1.5 Domótica .....	36
1.5.1 Aplicaciones de la domótica.....	38
1.5.2 Estándares internacionales de domótica.....	40
1.5.3 Arquitectura del sistema.....	41
1.6 Tecnologías para enlaces inalámbricos. ....	42
1.7 Conclusiones.....	43
<b>2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....</b>	<b>44</b>
2.1 Introducción .....	44
2.2 Análisis de la situación actual de condominio Annabella .....	44
2.2.1 Infraestructura .....	44
2.2.2 Requerimientos .....	48
2.3 Análisis de la solución planteada .....	49
2.3.1 Especificaciones técnicas de la solución.....	49
2.4 Estándar de domótica seleccionado para la solución .....	50
2.4.1 Arquitectura del sistema.....	54
2.4.2 Tipo de enlace.....	55
2.4.3 Topología del sistema .....	56
2.4.4 Hardware.....	57
2.4.5 Módulos ZigBee .....	58
2.3.6.1 Módulo ZigBee seleccionado para la solución.....	63
2.3.7 Selección del tipo de Sensor a utilizar en la solución.....	63
2.3.8 Software .....	64
2.4 Análisis del conjunto de protocolos ZigBee .....	64
2.4.1 Estándar IEEE 802.15.4.....	66
2.4.2 Dispositivos en una red ZigBee.....	67
2.5 Conclusiones.....	68

3. DISEÑO DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS .....	70
3.1 Introducción .....	70
3.2 Ubicación de los equipos .....	70
3.3 Descripción de la red de sensores.....	73
3.4 Conclusiones.....	75
4. IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS .....	76
4.1 Introducción .....	76
4.2 Modelo de funcionamiento.....	76
4.3 Configuración de los equipos .....	77
4.4 Interfaz con el sensor.....	78
4.5 Conclusiones.....	80
5. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS IMPLEMENTADA EN EL CONDOMINIO ANNABELLA .....	81
5.1 Introducción .....	81
5.2 Simulación de comprobación de la Red de Sensores Inalámbricos .....	81
5.3 Evaluación del estándar y del protocolo .....	82
5.4 Conclusiones.....	83
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS .....	86
ANEXOS .....	88

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de una red de difusión.....	7
Figura 2 Esquema de una red punto a punto. ....	8
Figura 3 Esquema de una red de área personal. ....	9
Figura 4 Esquema de una red de área Local (LAN). ....	9
Figura 5 Esquema de una red de área Metropolitana (MAN). ....	10
Figura 6 Esquema de una red de área amplia (WAN).....	11
Figura 7 Clasificación de procesadores interconectados por escala. (Tanenbaum, 2003).....	11
Figura 8 Esquema de conexión Dúplex Total.....	12
Figura 9 Esquema de conexión Semidúplex. ....	12
Figura 10 Esquema de conexión Simplex. ....	12
Figura 11 Topología de red en malla.....	13
Figura 12 Topología de red en estrella.....	15
Figura 13 Topología de red en árbol. ....	16
Figura 14 Topología de red en bus. ....	17
Figura 15 Topología de red en anillo.....	18
Figura 16 Topología de red hibrida. ....	19
Figura 17 Capas y protocolos. (Tanenbaum, 2003). ....	22
Figura 18 Las capas de OSI. (Stallings, 2003). ....	28
Figura 19 Comparación entre las arquitecturas de protocolos TCP/IP y OSI. (Stallings, 2003). ....	29
Figura 20 Área de cobertura para BMSA2102. (BTICINO) ....	34
Figura 21 Área de cobertura para BMSA1201. (BTICINO) ....	34
Figura 22 Esquema de la domótica de una vivienda.....	37

Figura 23 Plano del Condominio Annabella. ....	45
Figura 24 Plano 1er Piso .....	46
Figura 25 Plano 2do Piso .....	47
Figura 26 Plano 3er Piso.....	48
Figura 27 Longevidad de las baterías. (Kazem Sohraby, 2007).....	56
Figura 28 Pila de protocolos ZigBee. (Faudot, 2008).....	66
Figura 29 Ubicación de equipos 1er Piso .....	71
Figura 30 Ubicación de equipos 2do Piso .....	72
Figura 31 Ubicación de equipos 3er Piso .....	73
Figura 32 Configuración Dispositivo Final ZegBee.....	77
Figura 33 Estructura de un Proyecto ejemplo en Atmel Studio. ....	78
Figura 34 Modelo interacción entre el sensor y el módulo ZigBee. (Faudot, 2008).....	79
Figura 35 VisualSense modelo prefabricado.....	82
Figura 36 Resultado de la modelación de parámetros. ....	83

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro comparativo de la Topología en malla.....	14
Tabla 2 Cuadro comparativo de la Topología en estrella.....	15
Tabla 3 Cuadro comparativo de la Topología en árbol.....	16
Tabla 4 Cuadro comparativo de la Topología en bus.....	17
Tabla 5 Cuadro comparativo de la Topología en anillo.....	18
Tabla 6 Cuadro comparativo de la Topología de red híbrida.....	19
Tabla 7 Cuadro comparativo de sensores Infrarrojo pasivo .....	33
Tabla 8 Sensor Magnético.....	35
Tabla 9 Comparación entre KNX y LonWorks.....	50
Tabla 10 Comparación de Arquitectura Centralizada, Distribuida y Mixta.....	55
Tabla 11 Componente de Hardware para red inalámbrica .....	58
Tabla 12 Tipos de módulos ZigBee.....	59
Tabla 13 Dispositivos en una red ZigBee .....	67

## MARCO REFERENCIAL

### Introducción

Los ambientes 'inteligentes' representan el próximo paso evolutivo en la construcción de inmuebles, industrias y embarcaciones con sistemas automatizados. Como cualquier otro organismo vivo, estos ambientes 'inteligentes' deben ser capaces de obtener información del entorno que los rodea; esta capacidad es alcanzada, principalmente, con el uso de sensores que transforman las magnitudes físicas medidas por estos dispositivos, en información útil para la toma de decisiones y análisis estadístico.

Durante la última década, el desarrollo de estos dispositivos ha permitido monitorear y controlar desde un campo de cultivo, hasta el seguimiento médico de una paciente. Su evolución en prestaciones y bajos costos han expandido su uso de manera explosiva, eliminando así las ya caducas creencias de que estaban reservados a ambientes e instalaciones altamente industrializados.

La tecnología actual en el campo de los sensores, tiene el potencial para ser aplicada en una amplia gama de aplicaciones, entre ellas la protección crítica de infraestructura y seguridad.

El alto índice de inseguridad en el Ecuador, ha movido a la sociedad a buscar soluciones factibles para la protección de bienes y seguridad personal. Las Redes de Sensores Inalámbricos representan una solución prometedoramente económica y eficaz en la solución de estos problemas. El reto en estos sistemas consiste en identificar la información relevante, monitorear, almacenar y evaluar los datos.

El Condominio Annabella, ubicado en la ciudad de Quito, es como varios conjuntos habitacionales de la ciudad azotado por el flagelo del aumento de la delincuencia debido al creciente incremento del hampa en el país.

El objetivo de esta investigación es implementar una Red de Sensores Inalámbricos capaz de proteger las personas y bienes del citado condominio, ubicado en la Av. Samuel Fritz y Joaquín Sumaita, Sector El Inca.

Para alcanzar este objetivo se han fijado varias tareas específicas:

- Fundamentación teórica.
- Análisis de factibilidad.
- Diseño, implementación y evaluación del prototipo de solución.

Además se considerará importante el hecho de que la solución se apoye en dos pilares fundamentales, la prevención y la detección para la acción.

Se espera que la solución desarrollada permita a los habitantes del condominio citado, mediante la infraestructura y dispositivos instalados proteger el hogar de manera sencilla y eficiente; sea de manera local o a distancia.

El presente trabajo investigativo consta de cinco capítulos, y está estructurado de la siguiente manera:

El primer capítulo es la Fundamentación Teórica, en la cual se expone las matrices teóricas necesarias para el trabajo con redes de datos y sensores inalámbricos. Además describe las principales características del conjunto de tecnologías y conocimientos conocido como domótica. El segundo capítulo, Análisis de Factibilidad, describe el contexto donde será implementada la solución y analiza la factibilidad de su implementación en términos de costos y rendimiento. El tercer capítulo, Diseño de la Red de Sensores Inalámbricos, representa el diseño de la solución propuesta, la ubicación de los sensores y su relación con la infraestructura del edificio. El cuarto capítulo, Implementación y configuración de la Red de Sensores Inalámbricos, detalla la instalación y configuración de los equipos que conforman la red. En el quinto y último capítulo, se describen los resultados obtenidos de la simulación realizada para la verificación y evaluación de la solución propuesta.

## **Formulación del problema**

El condominio ubicado en la Av. Samuel Fritz y Joaquín Sumaita, Sector el Inca cuenta con seguridad para el ingreso de las personas sin embargo a lo largo de la historia del mismo este no ha sido suficiente para garantizar la seguridad de los habitantes, debido al alto incremento de delincuencia en nuestro país, es así como surge el planteamiento de este proyecto con la finalidad de proteger las personas y bienes del citado condominio a través de una Red de Sensores Inalámbricos

## **Objetivos:**

### **Objetivo general**

Implementar una Red de Sensores Inalámbricos que sirva como medio de protección para los habitantes del condominio Anabella ubicado en la Av. Samuel Fritz y Joaquín Sumaita, Sector el Inca.

### **Objetivos específicos**

- Analizar la situación actual con respecto a la seguridad del condominio Anabella.
- Proponer una solución factible a los problemas de inseguridad para los habitantes del condominio Anabella.
- Instalar un sistema de seguridad con tecnología de punta en el condominio Anabella.
- Mejorar la seguridad del condominio Anabella con la finalidad de proporcionarles tranquilidad en sus hogares.
- Crear un ambiente tranquilo para los habitantes del condominio Anabella.
- Capacitar a los usuarios del sistema de seguridad para que obtengan los beneficios de un monitoreo de sus hogares a través de la tecnología.



## **Justificación del problema**

A lo largo de la historia del condominio Anabella ubicado en la Av. Samuel Fritz y Joaquín Sumaita, Sector el Inca se ha podido establecer que existe un alto índice de asaltos tanto en los hogares como a las personas, pese a la existencia de las alarmas comunitarias que se implementaron con la finalidad de brindar una mayor seguridad a los barrios que presentan este tipo de inconvenientes, no se ha podido disminuir la tasa delincencial en el sector, pues este tipo de sistemas de seguridad no son de respuesta inmediata y causan una alarma que permite el delincuente pueda huir del sitio, es por esto que se ha propuesto un sistema de seguridad mediante el cual el usuario tenga acceso a monitorear el área donde vive, brindándole la posibilidad en caso de observar alguna situación sospechosa, de manera silenciosa dar una alerta y estos delincuentes sean expuestos ante las leyes del país.

## CAPÍTULO I

### 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 1.1 Introducción

El presente capítulo describe las bases teóricas de la investigación. Consiste en un recorrido por las tendencias tecnológicas e investigativas que han permitido se realice el desarrollo de esta investigación. Con el objetivo de definir claramente los conceptos teóricos necesarios para una comprensión completa del dominio en que se enmarca, y argumentar la elección de las tecnologías seleccionadas.

#### 1.2 Redes de datos

La explosión tecnológica de las últimas décadas en la industria informática ha propiciado la masificación de tecnologías que permiten la transmisión de información a través de datos, estas tecnologías hace algunos años eran de uso exclusivo en universidades y grandes centros de investigación. Lo que ayer se concebía como un sistema centralizado utilizado para realizar numerosos y complejos cálculos matemáticos, aislado en instalaciones especializadas, hoy día puede ser utilizado por cualquier persona en tareas diarias, son estos algunos de los beneficios que nos brindan las redes de datos.

En la medida que ha sido posible producir en masa millones de ordenadores y la rápida unión de la industria informática con otras áreas afines como las telecomunicaciones; ha influido profundamente en la forma en que están organizados los sistemas computacionales.

“Actualmente, el concepto de “centro de cómputo” como un espacio amplio con una computadora grande a la que los usuarios llevaban su trabajo a procesar es totalmente obsoleto. El modelo antiguo de una sola

computadora que realiza todas las tareas computacionales de una empresa ha sido reemplazado por otro en el que un gran número de computadoras separadas pero interconectadas hacen el trabajo. Estos sistemas se denominan **redes de computadoras.**” (Tanenbaum, 2003)

Para (Katz, 2013), *“Una red es un conjunto de componentes de hardware, conectados físicamente mediante cables u ondas, y configurados de una manera homogénea y sincronizada, que permite establecer comunicaciones entre sí”.*

Se puede llegar a la conclusión que una red de datos es una la infraestructura que posibilita la transmisión de información a través del intercambio de datos que al ejecutarse se logra mejorar la rapidez y fiabilidad del intercambio de información.

Una red de datos, debe contar con una serie de elementos fundamentales para que pueda entenderse como tal y para que ejerza sus funciones sin problemas además debe ser diseñada específicamente para satisfacer sus objetivos, con una arquitectura determinada para facilitar el intercambio de los contenidos.

## **1.2.1 Clasificación de redes de datos**

Lamentablemente no existe una sola clasificación que englobe todos los rasgos que pueden caracterizar una red de datos o computadoras. Sin embargo, algunas clasificaciones destacan por las múltiples referencias que se encontrara en ellas. A continuación se detallan sus características.

### **1.2.1.1 Clasificación según tecnología de trasmisión**

Las redes de datos según la tecnología de trasmisión se clasifican en dos tipos, se encuentran las redes por los enlaces de difusión y los enlaces punto a punto.

Las redes de difusión permiten que la señal emitida por una computadora transmisora sea recibida por cualquier computadora conectada a la red, de manera que todos los usuarios reciben la misma información y a la vez. Un ejemplo de este tipo de red en la vida cotidiana son las redes de televisión, en cualquiera de sus formas de transporte: cable, satélite o terrenal.

En síntesis, *las redes de difusión tienen un solo canal de comunicación, dónde todas las máquinas de la red lo comparten. Si una máquina envía un mensaje corto -en ciertos contextos conocido como paquete-, todas las demás lo reciben.* (Tanenbaum, 2003). Tal como se muestra en la Figura.

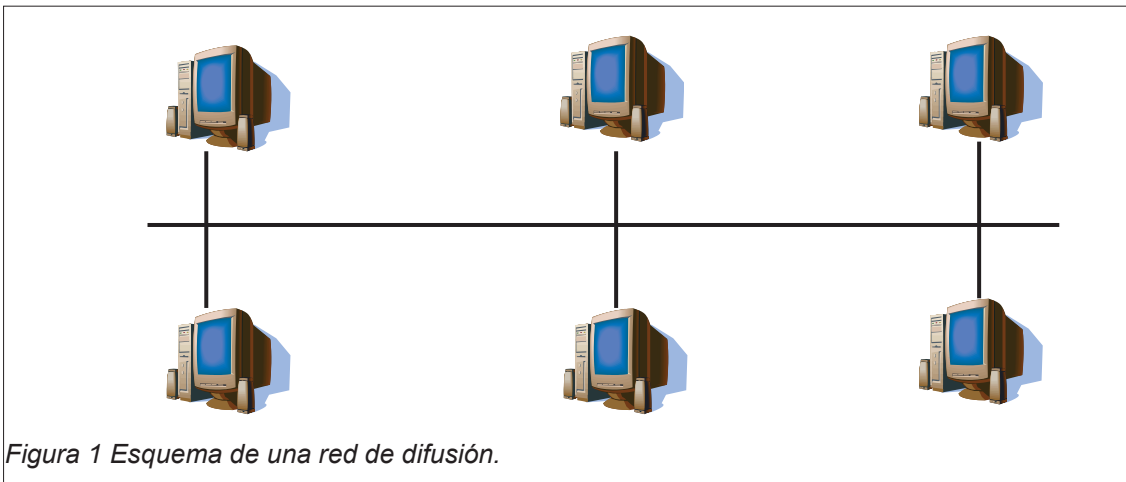
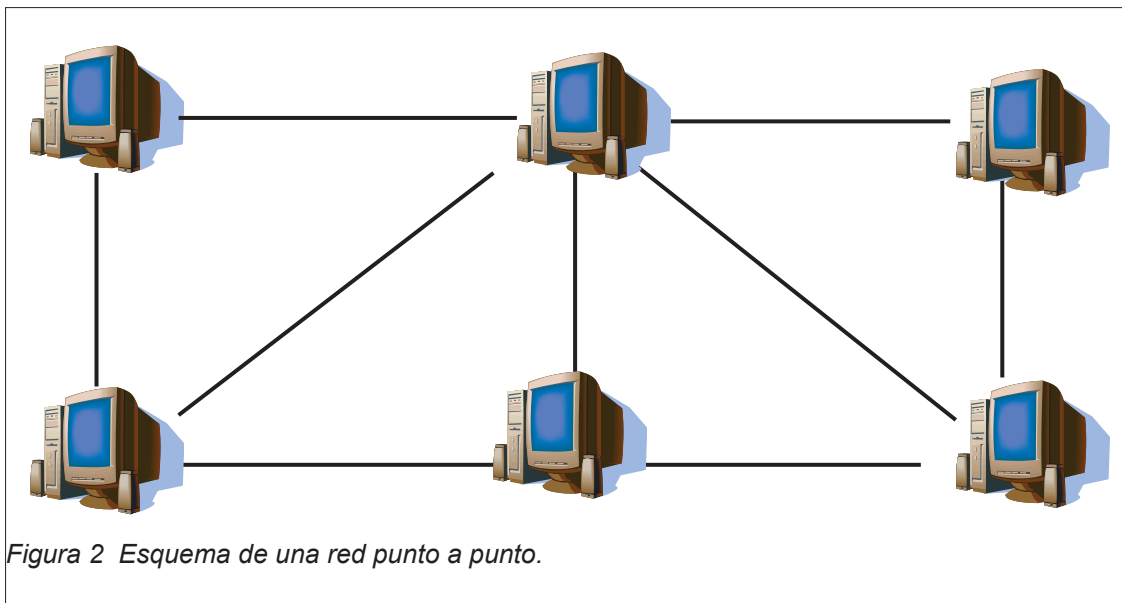


Figura 1 Esquema de una red de difusión.

En cambio las redes punto a punto, responden a un tipo de arquitectura de red que permite a cada canal de datos se pueda usar para comunicar únicamente dos nodos. Son redes fáciles de instalar y manipular. Pero en la medida que las redes aumentan, las relaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar. Su eficiencia disminuye a la vez que la cantidad de dispositivos en la red crece.

*Las redes punto a punto constan de muchas conexiones entre pares individuales de máquinas. Para ir del origen al destino, un paquete en este tipo de red podría tener que visitar primero una o más máquinas intermedias.* (Tanenbaum, 2003)

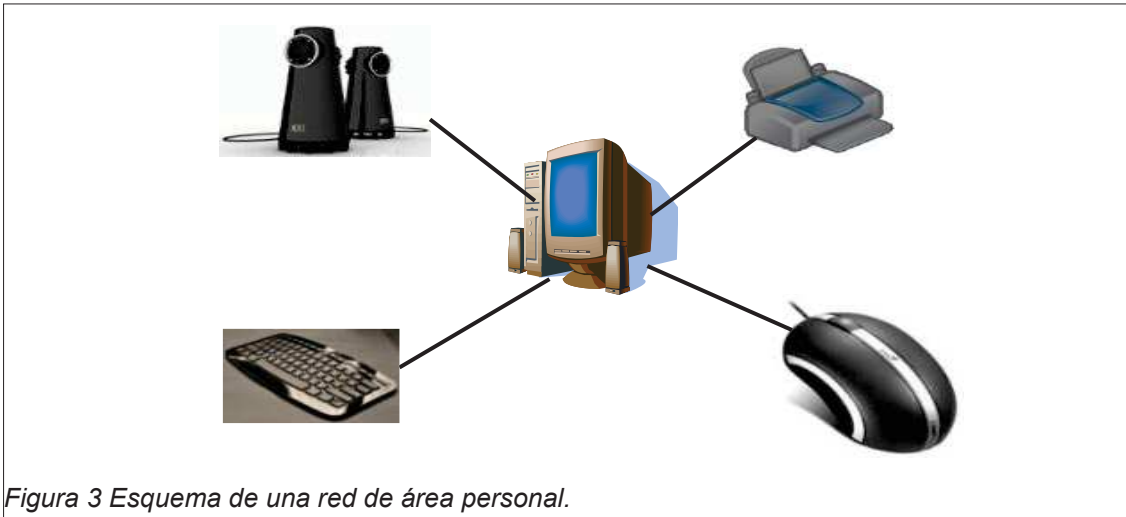


### 1.2.1.2 Clasificación según escala de la red

Para clasificar las redes de datos según la escala se tiene en cuenta criterios como la amplitud o cobertura de la red y se clasifican en varios tipos, como son: las redes de área personal, redes de área local (*LAN: Local Área Network*), las redes de áreas metropolitanas (*MAN: Metropolitan Área Network*), y por último las redes de áreas amplias (*WAN: Wide Área Network*).

Una red de área personal es una configuración personal que se encuentra compuesta por los dispositivos que habitan el entorno personal y local del usuario. De manera que le permita al usuario establecer una comunicación con estos dispositivos de manera rápida y eficaz.

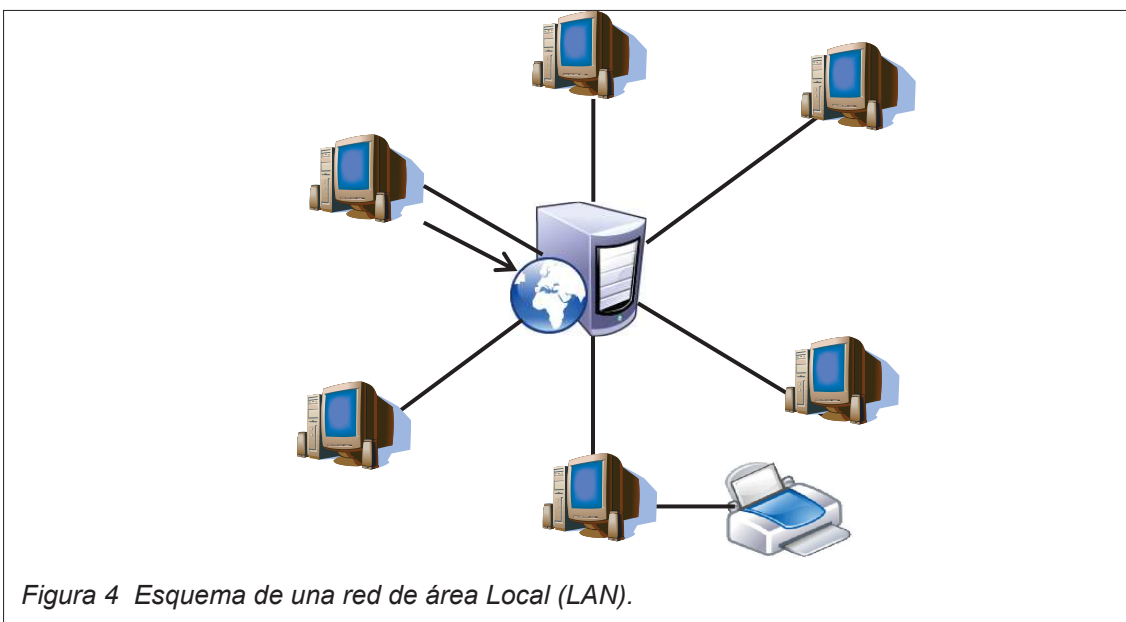
*Las redes de área personal están destinadas para una sola persona. Por ejemplo, una red inalámbrica que conecta una computadora con su ratón, teclado e impresora, es una red de área personal (Tanenbaum, 2003)*



*Figura 3 Esquema de una red de área personal.*

Una red local no es más que un número de computadoras conectadas al mismo servidor dentro de la misma organización, con la misma tecnología.

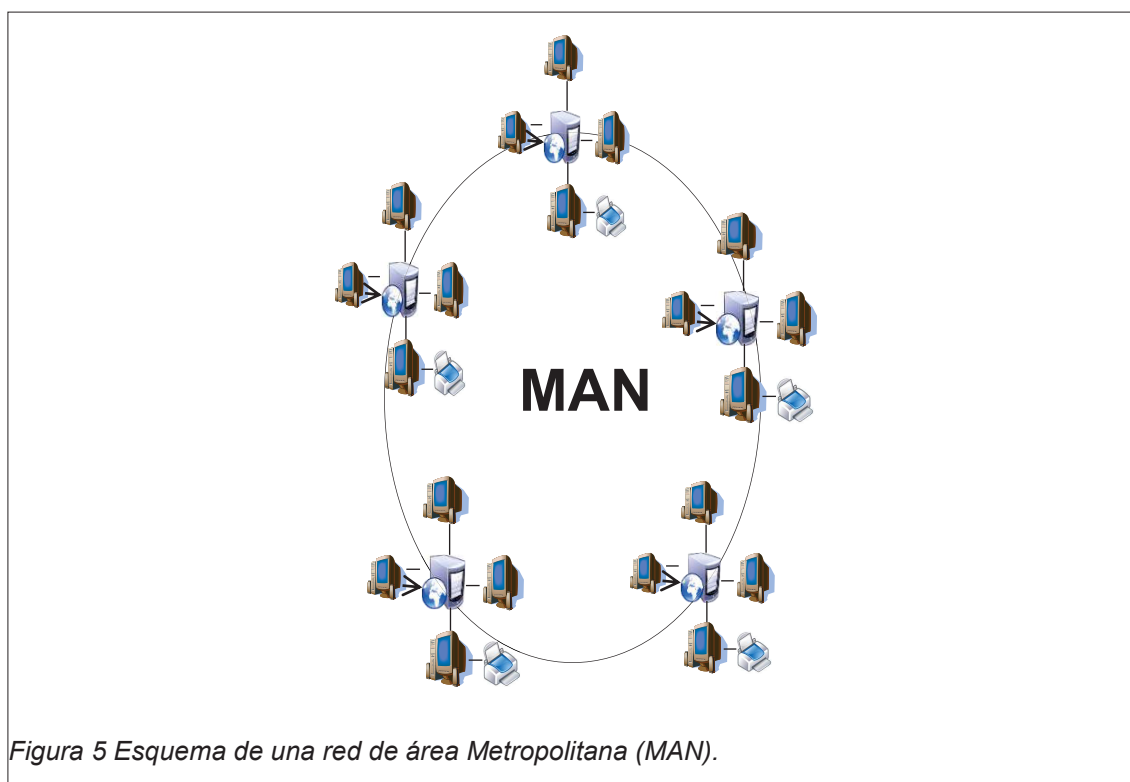
Las redes de área local, son redes de propiedad privada que se encuentran en un solo edificio o en un campus de pocos kilómetros de longitud. Se utilizan ampliamente para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas de una empresa y de fábricas para compartir recursos. (Tanenbaum, 2003)



*Figura 4 Esquema de una red de área Local (LAN).*

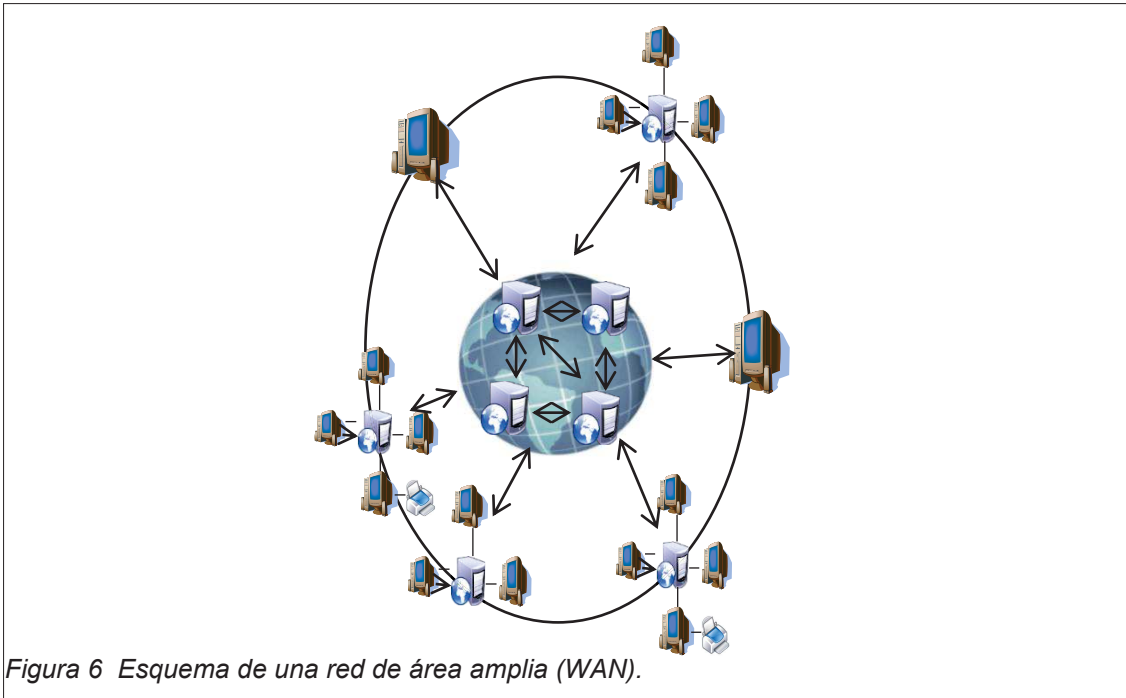
La red de área metropolitana es aquella que, a través de una conexión de alta velocidad, ofrece cobertura en una ciudad o un municipio. Este tipo de red supone una evolución de las redes LAN, pues propicia la interconexión en una región más amplia, cubriendo una mayor superficie.

Una red de área metropolitana (MAN) abarca una ciudad. Es muy similar a una red LAN, con la diferencia de dar cobertura a un área geográfica significativamente mayor respecto a la LAN. (Katz, 2013)



Por otro lado se encuentra la red WAN que es mucho más amplia que la red LAN, ya que permite la interconexión de países y continentes.

Las redes de área amplia (WAN) son redes de gran amplitud, que se utilizan para conectar sitios geográficos significativamente alejados, por ejemplo la comunicación entre continentes. (Katz, 2013)



De manera general se detalla en la figura siguiente las distancias que pueden ocupar cada una de las redes explicadas anteriormente *según la escala*.

Distancia entre procesadores	Procesadores ubicados en el mismo	Ejemplo
1 m	Metro cuadrado	Red de área personal
10 m	Cuarto	
100 m	Edificio	
1 km	Campus	Red de área local
10 km	Ciudad	
100 km	País	Red de área metropolitana
1,000 km	Continente	
10,000 km	Planeta	Red de área amplia
		Internet

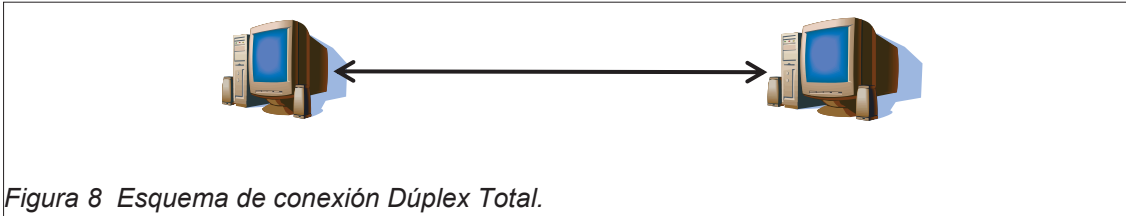
Figura 7 Clasificación de procesadores interconectados por escala. (Tanenbaum, 2003)

### 1.2.1.3 Clasificación según tipo de comunicación

Un criterio alternativo para la clasificación de las redes es el tipo de comunicación que utilizan entre sus nodos.

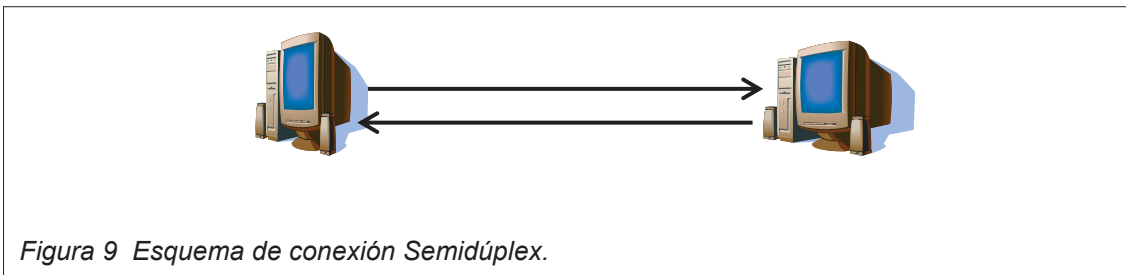


La conexión que permite el flujo de tráfico en ambas direcciones se conoce como dúplex total. (Tanenbaum, 2003). En este tipo de conexión los datos fluyen en ambos sentidos independientes uno del otro.



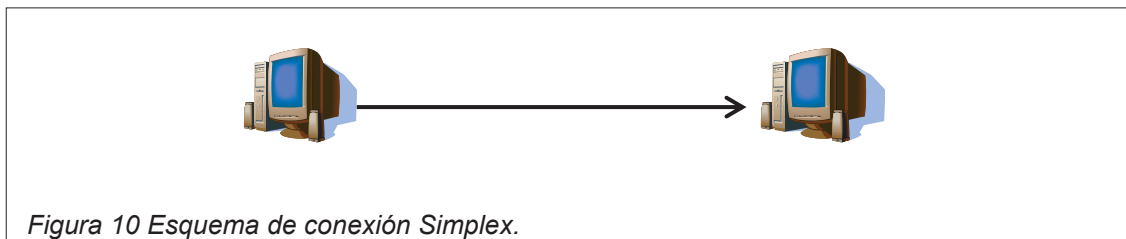
*Figura 8 Esquema de conexión Dúplex Total.*

La conexión que permite el tráfico en ambas direcciones, pero sólo en un sentido a la vez, se denomina semidúplex. (Tanenbaum, 2003)



*Figura 9 Esquema de conexión Semidúplex.*

La conexión que permite el tráfico en una sola dirección se conoce como simplex. (Tanenbaum, 2003)



*Figura 10 Esquema de conexión Simplex.*

#### **1.2.1.4 Clasificación según su topología**

Las topologías determinan cómo se interconectan los dispositivos de red, esto es, tanto físicamente como lógicamente. Dos o más dispositivos se conectan mediante un enlace y dos o más enlaces forman una topología. Cada una de ellas presenta sus ventajas y desventajas, por lo que debe ser cuidadosamente seleccionada al momento de implementar una red.

Existen cinco topologías básicas: Malla, estrella, árbol, bus y anillo. Además hay la posibilidad de combinarlas consiguiendo una adicional llamada híbrida. Estas topologías indican la estructura física de la red.

#### a. Topología en malla

En una topología en malla, los enlaces entre equipos son punto a punto y dedicados; es decir, comienzan la conexión en un equipo y terminan en el otro conduciendo el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que se conectan.

Por lo tanto, una red con topología malla necesita de  $n(n-1)/2$  canales físicos para conectar dispositivos.

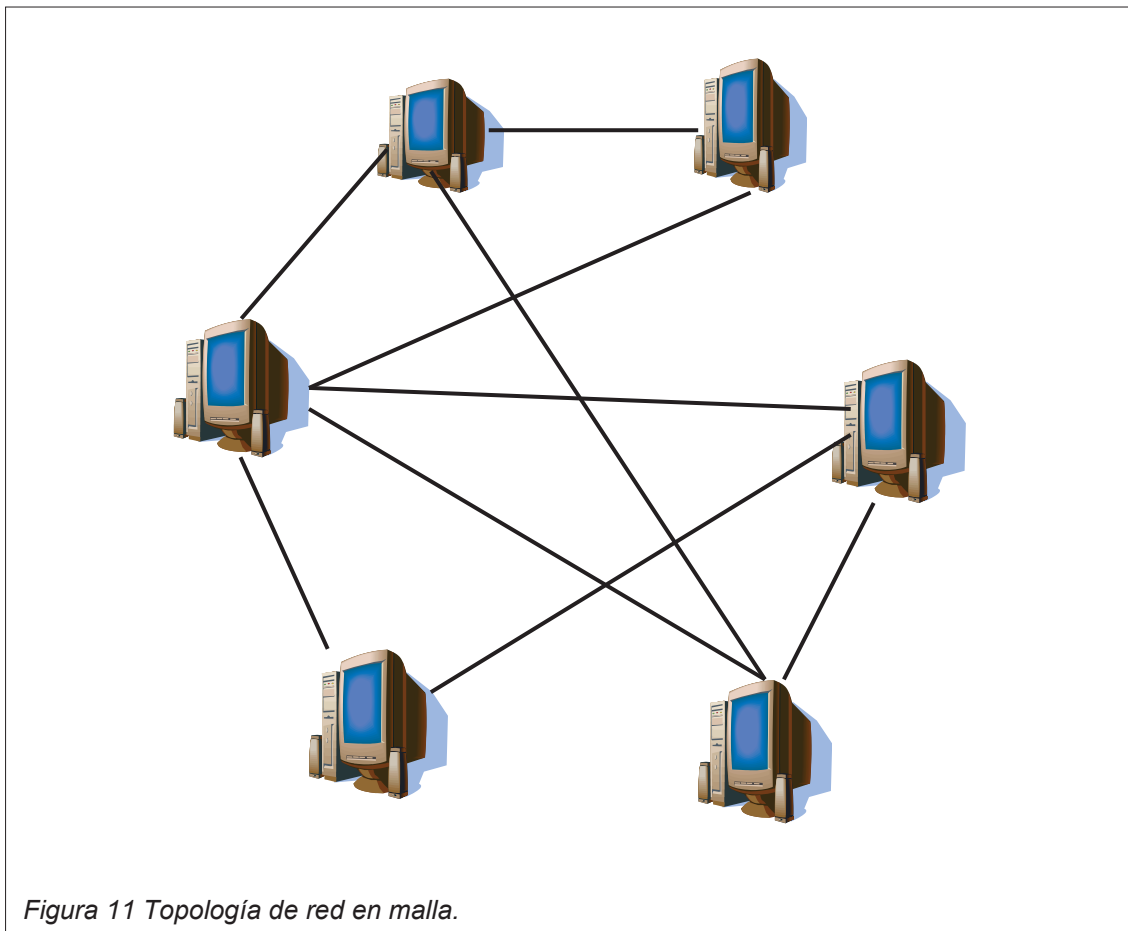


Tabla 1 Cuadro comparativo de la Topología en malla.

Ventajas	Desventajas
Topología robusta: Al disponer de diferentes canales de conexión, si un enlace falla no inhabilita a todo el sistema	Alta complejidad de cableado y mantenimiento de la red.
Seguridad y privacidad: Cada mensaje es enviado por canales privados entre dos dispositivos a través de líneas dedicadas, dificultando el acceso a externos a la información.	Costos elevados de cables y dispositivos para conectar la red.
Alta eficiencia: Al no utilizar enlaces compartidos garantiza que cada equipo debe hacerse cargo solo de la información que le corresponda.	La instalación y configuración compleja, cada equipo debe estar conectado a cualquier otro.

### b. Topología en estrella

La topología en estrella cuenta con un dispositivo de conexión central adicional para permitir la comunicación entre equipos. Los dispositivos no están conectados entre sí, sino que comparten el medio de comunicación al conectarse a un mismo dispositivo que recibe, gestiona y reenvía los datos.

Esta topología es recomendable para conectar redes de gran tamaño porque permiten subdividir las cargas de trabajo a diferentes dispositivos de conexión central, sin embargo aparecen colisiones cuando más de un equipo trata de utilizar el medio físico simultáneamente.

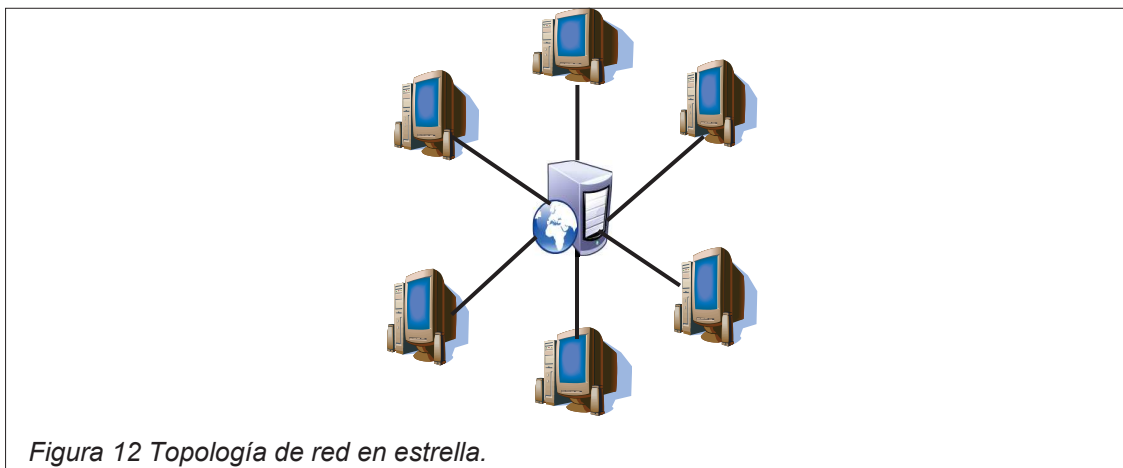


Tabla 2 Cuadro comparativo de la Topología en estrella.

Ventajas	Desventajas
Topología robusta: Si falla un enlace solo ese se verá afectado, todos los demás enlaces permanecen activos.	Si falla el dispositivo de conexión central, falla todo el sistema.
Económica: Solo se necesita de un enlace y un puerto de E/S para conectarse a cualquier número de equipos.	

### c. Topología en árbol

La topología árbol deriva de la topología en estrella, añadiendo una configuración jerárquica. Algunos equipos están conectados al dispositivo de conexión central que regula el tráfico de la red, mientras que otros equipos se conectan a dispositivos de conexión secundarios que a su vez se conectan con el dispositivo de conexión central.

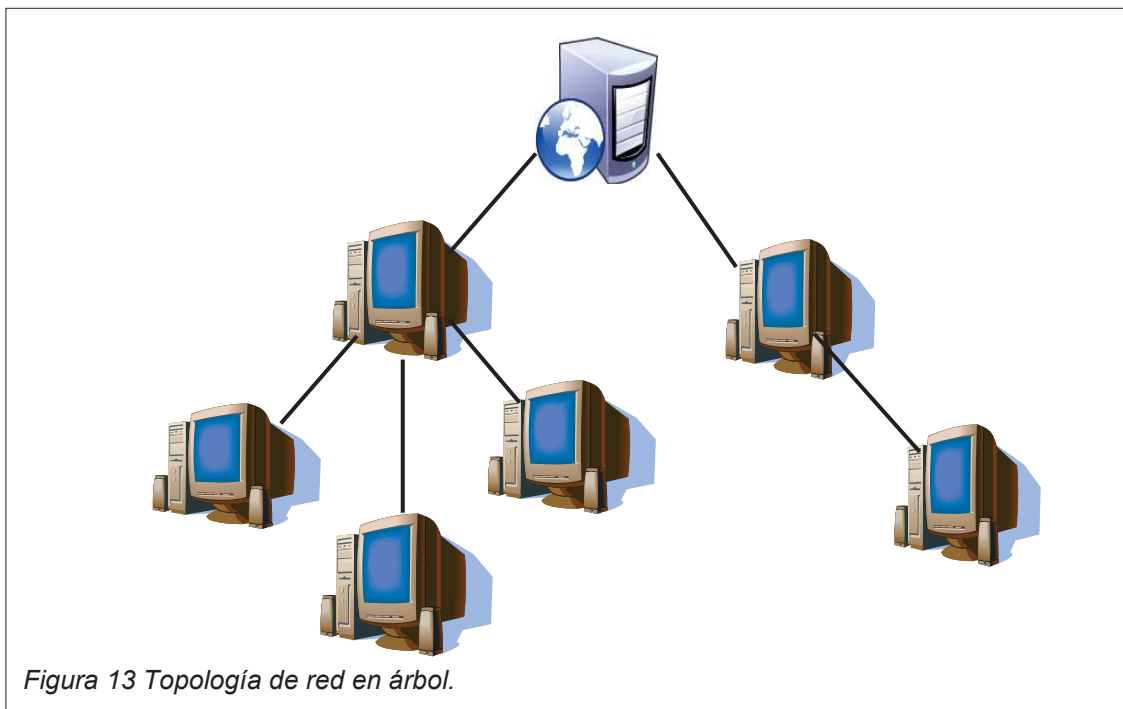
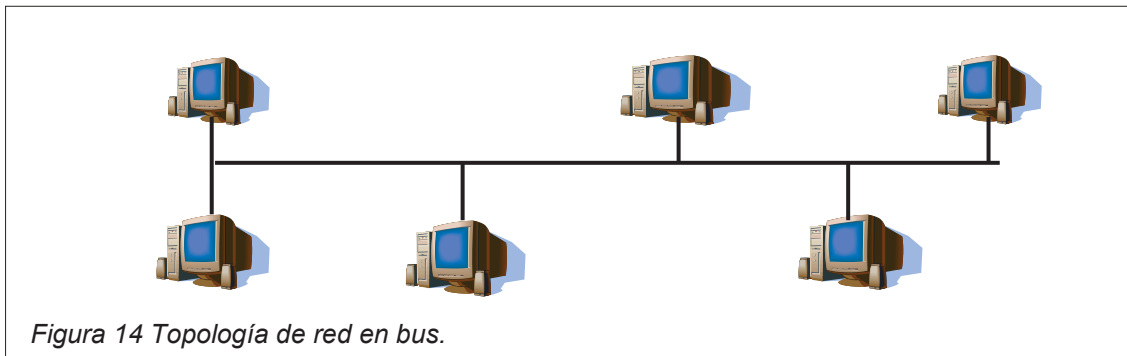


Tabla 3 Cuadro comparativo de la Topología en árbol.

Ventajas	Desventajas
Permite que se conecten más equipos a un solo dispositivo de conexión central.	Si falla el dispositivo de conexión central, falla todo el sistema.
Mayor distancia de conexión entre dos equipos.	
Permite jerarquizar las comunicaciones entre equipos.	

#### d. Topología en bus

En esta topología todos los dispositivos están conectados a un único canal de comunicación denominado bus, con conexiones multipunto. En cada extremo de la red se debe colocar un terminador para cerrar el bus y absorber las señales reflejadas.



*Tabla 4 Cuadro comparativo de la Topología en bus.*

Ventajas	Desventajas
Facilidad de instalación: Son de simple implementación y mantenimiento.	Si el canal de comunicación falla, el sistema también falla.
Arquitectura simple:	Solo un equipo puede transmitir datos a la vez.
	Se producirá una colisión cuando dos o más equipos tratan de enviar datos simultáneamente.
Bajo coste: Menos costosa que otras topologías por la facilidad de implementación.	Las colisiones reducen la velocidad de transmisión de la red.

#### **e. Topología en anillo**

Cada equipo tiene una línea de conexión dedicada y punto a punto solamente con los equipos adyacentes. Los datos viajan a través del anillo en una sola dirección o de equipo en equipo hasta llegar a su destino. Cada equipo incorpora un repetidor, cuando un equipo recibe un dato para otro equipo, su repetidor regenera los bits y los retransmite al anillo.

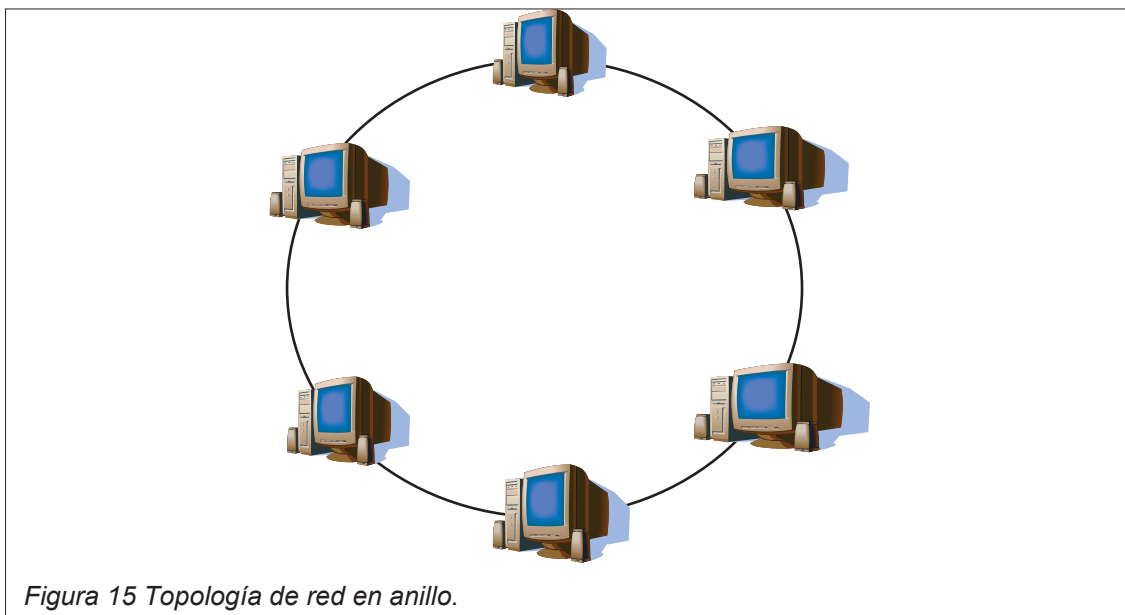


Tabla 5 Cuadro comparativo de la Topología en anillo.

Ventajas	Desventajas
Fácil instalación y configuración.	La red es eficiente cuando este formando por una cantidad de equipos reducidos.
Si un equipo falla, se le retira, se cierra el anillo y se mantiene la comunicación.	Tráfico unidireccional, ralentiza la transmisión de datos.
Para añadir un equipo basta con abrir una de las conexiones y conectarlas al nuevo equipo	

#### f. Topología híbrida

Es una red que combina varias topologías mediante subredes enlazadas para formar una topología mayor. Por ejemplo se puede utilizar una topología bus y una topología anillo por separado y ambas pueden ser conectadas mediante un dispositivo de conexión central mediante una topología estrella.

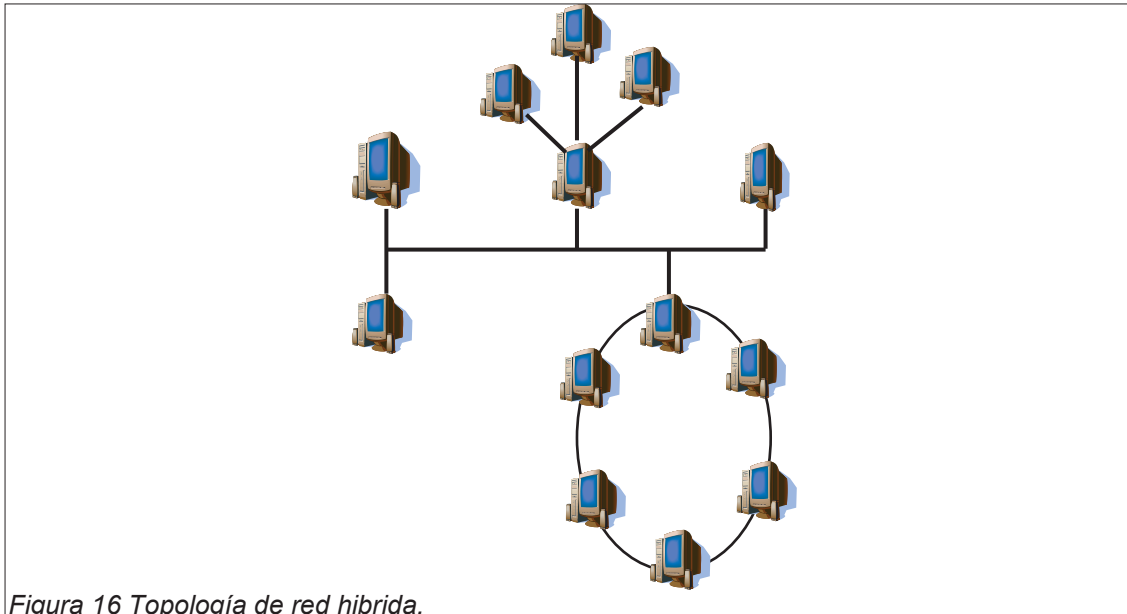


Figura 16 Topología de red híbrida.

Tabla 6 Cuadro comparativo de la Topología de red híbrida

Ventajas	Desventajas
Su implementación se debe a la complejidad de la solución de red.	Costo muy elevado debido a su administración y mantenimiento.
Al aumentar en el número de dispositivos, hace necesario establecer esta topología.	Cuentan con segmentos de diferentes tipos de topologías de red.

#### 1.2.1.5 Clasificación según el medio de transmisión.

Los medios de transmisión componen la parte física a través del cual el emisor y el receptor pueden comunicarse en un sistema de transmisión de datos. Existen dos tipos de medios, los guiados y los no guiados, y tiene en común que la transmisión se realiza a través de ondas electromagnéticas.

Los *medios* guiados guían las ondas a través de un camino físico, ejemplos de estos medios son el cable coaxial, la fibra óptica y el par trenzado. En cambio



los medios no guiados proveen un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las dirigen; como ejemplo los medios inalámbricos.

Se puede decir que naturaleza del medio junto con la de la señal que se transmite a través de él constituyen los factores determinantes de las características y la calidad de la transmisión. En el caso de medios guiados es el propio medio el que determina las limitaciones de la transmisión: velocidad de transmisión de los datos, ancho de banda que puede soportar y espaciado entre repetidores.

*En medios no guiados, las características de la transmisión están más determinadas por el ancho de banda de la señal emitida por la antena que por el propio medio. Una propiedad fundamental de las señales transmitidas mediante antenas es la direccionalidad. (Stallings, 2003)*

La configuración para las transmisiones inalámbricas puede ser de dos tipos:

- **Direccional:** donde la antena transmisora emite la energía electromagnética concentrándola en un haz, por lo que las antenas tanto receptora como emisora tienen que estar alineadas con línea de vista para que exista una propagación limpia de señales.
- **Omnidireccional:** la transmisión se hace de manera dispersa, emitiendo en todas direcciones pudiendo la señal ser recibida por varias antenas.

### **1.2.2 Protocolos de comunicación**

El concepto de protocolo de red se utiliza para nombrar las normativas y los criterios que fijan cómo deben comunicarse los diversos componentes de un cierto sistema de interconexión. Significa que, a través de este protocolo, los dispositivos que se conectan en red pueden intercambiar datos.

El protocolo de comunicación establece la semántica y la sintaxis del intercambio de información. Los equipos conectados en red, tienen que actuar

de acuerdo a los parámetros y los criterios establecidos por el protocolo en cuestión para alcanzar comunicarse entre sí y para recuperar datos que, por cierto motivo, no hayan alcanzado su destino.

En el protocolo de red muestra cómo se concreta la conexión física, implanta la manera en que debe comenzar y terminar la comunicación, establece cómo actuar ante datos corrompidos, resguarda la información ante el ataque de intrusos, marca el eventual cierre de la transmisión, etc.

Existen protocolos de red en cada capa o nivel de la conexión. La capa inferior refiere a la conectividad física que permite el desarrollo de la red (con cables UTP, ondas de radio, etc.), mientras que la capa más avanzada está vinculada a las aplicaciones que utiliza el usuario de la computadora (con protocolos como HTTP, FTP, SMTP, POP y otros).

En el intercambio de datos entre computadores, terminales y otros dispositivos de procesamiento, los procesos que se desenvuelven en el mismo contienen un alto grado de complejidad.

Por este motivo se evidencia que debe existir cooperación entre los computadores y los involucrados con los mismos. En lugar de incrementar la lógica para que se desarrolle la comunicación, el verdadero problema radica en que existen subtareas las cuales se deben realizar por separado para que no existan conflictos.

*“(...) las redes se encuentran organizadas en varios niveles o capas, mismas que se encuentran debajo de cada una. El número de capas, así como el nombre, contenido y función de cada una de ellas difieren de red a red. El propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores, a las cuales no se les muestran los detalles reales de implementación de los servicios ofrecidos.” (Tanenbaum, 2003)*

La capa n de una máquina mantiene una conversación con la capa n de otra máquina. Las reglas y convenciones utilizadas en esta conversación se conocen de manera colectiva como protocolo de capa n. (Tanenbaum, 2003).

En el campo de las telecomunicaciones, un protocolo de comunicaciones es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación. (Domótica, 2012)

*“Básicamente, un **protocolo** es un acuerdo entre las partes en comunicación sobre cómo se debe llevar a cabo la comunicación.”* (Tanenbaum, 2003)

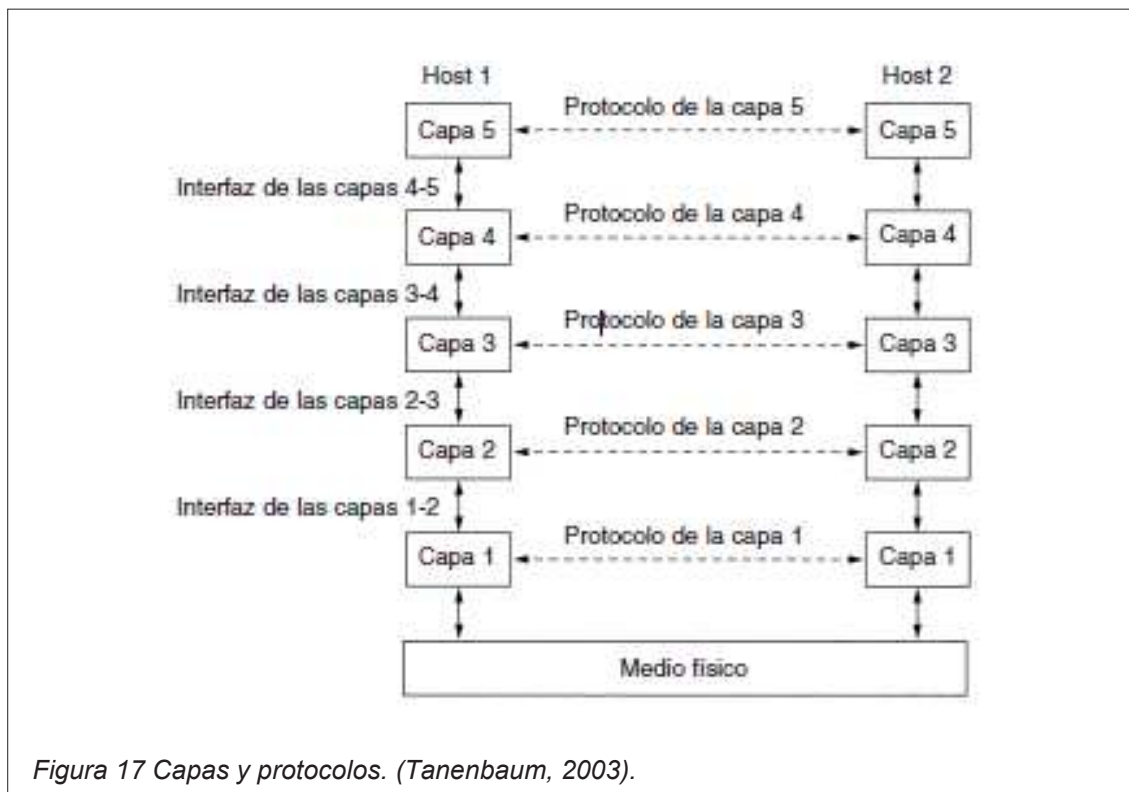


Figura 17 Capas y protocolos. (Tanenbaum, 2003).

Como se explicó anteriormente, los aspectos clave que definen o establece el protocolo de comunicación son:

- La sintaxis: establece cuestiones relacionadas con el formato de los bloques de datos.

- La semántica: incluye información de control para la coordinación y la gestión de errores.
- La temporización: considera aspectos relativos a la sintonización de velocidades y secuenciación. (Stallings, 2003)

### 1.2.3 Estándares de comunicación

Debido a la existencia de diversos fabricantes y proveedores de redes, cada uno con sus propias ideas de cómo se deben concebir las cosas. Se hizo necesario adoptar algunos estándares para la implementación de redes pues, sin estos estándares la red sería un caos y los usuarios nunca conseguirían nada.

El desarrollo e implementación del software de comunicaciones de propósito específico es demasiado costoso, por lo que con la propagación tanto de las comunicaciones entre computadores como de las redes, los fabricantes han adoptado como alternativa la adopción e implementación de un conjunto de convenciones comunes.

La estandarización ofrece numerosas ventajas, a continuación listaremos algunas mencionadas por importantes autores:

- *“Los fabricantes están motivados para implementar las normalizaciones con la esperanza de que, debido al uso generalizado de las normas, sus productos tendrán un mercado mayor.”* (Stallings, 2003)
- *“Los estándares no sólo permiten que computadoras diferentes se comuniquen, sino que también incrementan el mercado de productos que se ajustan al estándar.”* (Tanenbaum, 2003)
- *“Los clientes pueden exigir que cualquier fabricante implemente los estándares.”* (Stallings, 2003)
- *“(…) beneficios que disminuyen el precio e incrementan aún más la aceptación.”* (Tanenbaum, 2003)

Los estándares se dividen en dos categorías: de facto y de jure. Los estándares de facto (“de hecho”) son los que simplemente surgieron, sin ningún plan formal.

En contraste, los estándares de jure (“por derecho”), son formales, legales, adoptados por alguna institución de estandarización autorizada.

#### **1.2.4 Organismos internacionales de normalización**

En el área de los estándares de redes de computadoras hay varias organizaciones de cada tipo, algunas de las cuales, las relevantes a esta investigación, describiremos a continuación.

##### **1.2.4.1 Organización de Estándares Internacionales (ISO)**

La mayor organización voluntaria de desarrollo de estándares internacionales. Los estándares internacionales ofrecen un estado del arte para productos, servicios y buenas prácticas, lo que le permite a la industria un desarrollo más eficiente y efectivo.

Los estándares internacionales son producidos y publicados por la ISO (Organización de Estándares Internacionales), una organización voluntaria no surgida de un acuerdo, fundada en 1946. Sus miembros son las organizaciones de estándares nacionales de los 89 países miembro. Entre ellos se encuentran ANSI (Estados Unidos), BSI (Gran Bretaña), AFNOR (Francia), DIN (Alemania) y otros 85. (Tanenbaum, 2003)

##### **1.2.4.2 Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)**

Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC. Se encarga de atribuir el espectro radioeléctrico y las orbitas de satélite a escala mundial. Elaboran técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías.

En 1865, los representantes de muchos gobiernos de Europa se reunieron para formar el predecesor de la actual ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Su trabajo era estandarizar las telecomunicaciones internacionales. (Tanenbaum, 2003)

La ITU tiene tres sectores principales:

- Radiocomunicaciones (ITU-R).
- Estandarización de telecomunicaciones (ITU-T).
- Desarrollo (ITU-D).

Nos enfocaremos en la ITU-T, que se ocupa de los sistemas telefónicos y de comunicación de datos.

La tarea de la ITU-T es hacer recomendaciones técnicas sobre telefonía, telegrafía y las interfaces de comunicación de datos. Estas recomendaciones suelen convertirse en estándares reconocidos internacionalmente. (Tanenbaum, 2003)

Es preciso observar que las recomendaciones de la ITU-T técnicamente son sólo sugerencias que los gobiernos pueden adoptar o ignorar.

#### **1.2.4.3 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)**

Es esencialmente una comunidad técnica global de profesionales, universalmente reconocida por sus contribuciones a la tecnología y técnicas profesionales.

Otro representante importante en el mundo de los estándares es el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), la mayor organización de profesionales del mundo. Además de publicar multitud de periódicos y organizar cientos de conferencias cada año, el IEEE tiene un grupo de

estandarización que desarrolla estándares en el área de ingeniería eléctrica y computación. (Tanenbaum, 2003)

El comité 802 del IEEE ha estandarizado muchos tipos de LANs. Más adelante mencionares sus principales trabajos en las redes inalámbricas.

### **1.2.5 Modelos de referencia**

Visto en teoría la red con capas, definido el concepto de protocolo, argumentada la necesidad de la estandarización y repasadas a grandes rasgos las organizaciones encargas de la estandarización y normalización; es hora de comenzar a mostrar realizaciones prácticas de estos elementos.

#### **1.2.5.1 Modelo Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI)**

A pesar de que los protocolos asociados con el modelo OSI hoy en día ya no son muy utilizados; el modelo en sí es muy general y aún valido.

El modelo se llama OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) de ISO porque tiene que ver con la conexión de sistemas abiertos, es decir, sistemas que están abiertos a la comunicación con otros sistemas. (Tanenbaum, 2003)

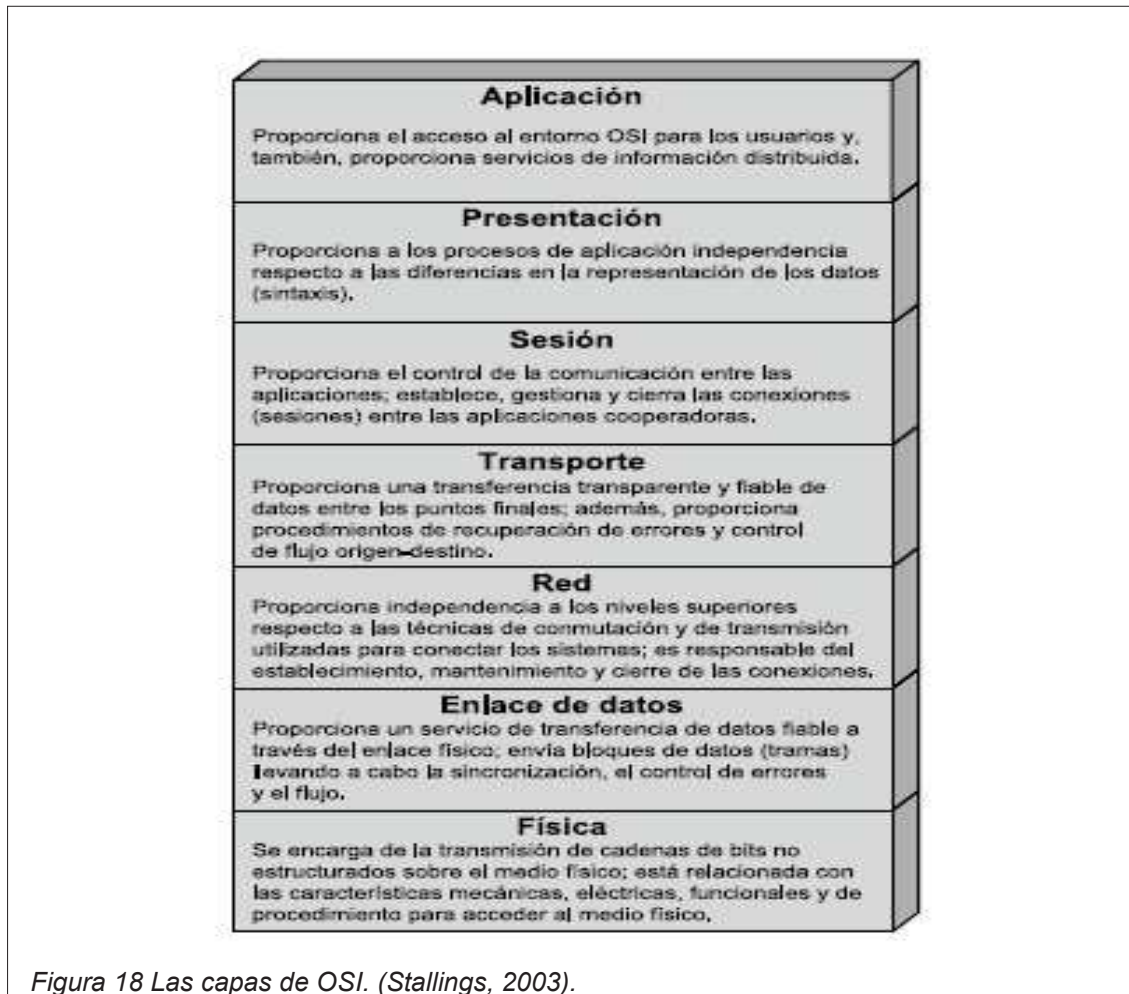
Este modelo está basado en una propuesta desarrollada por la ISO (Organización Internacional de Estándares) como un primer paso hacia la estandarización internacional de los protocolos utilizados en varias capas. (Day, 1983)

Una técnica muy aceptada para estructurar los problemas, es la división en capas. El modelo OSI tiene siete capas. Cada capa realiza un subconjunto de tareas, relacionadas entre sí, de entre las necesarias para llegar a comunicarse con otros sistemas. Cada capa se sustenta en la capa inmediatamente inferior, la cual realizará funciones más primitivas, ocultando los detalles a las capas superiores.

*“La principal motivación para el desarrollo del modelo OSI fue proporcionar un modelo de referencia para la normalización. Dentro del modelo, en cada capa se pueden desarrollar uno o más protocolos. El modelo define en términos generales las funciones que se deben realizar en cada capa y simplifica el procedimiento de la normalización.”* (Stallings, 2003)

Se describe muy brevemente su funcionamiento. Cada sistema debe contener las siete capas. La comunicación se establece entre dos aplicaciones en cada uno de los nodos A y B. Si la aplicación en el nodo A quiere transmitir un mensaje a la aplicación en el nodo B, utiliza los protocolos de la capa siete del modelo OSI, protocolos de aplicación, para establecer una conexión de pares con la capa siete del nodo B. Los protocolos en esta capa, a su vez, necesitan de los servicios que ofrece la capa seis, donde se realiza el mismo procedimiento descrito. Este proceso se repite hasta llegar a la capa física, que es la que realmente trasmite el mensaje sobre el medio de transmisión.



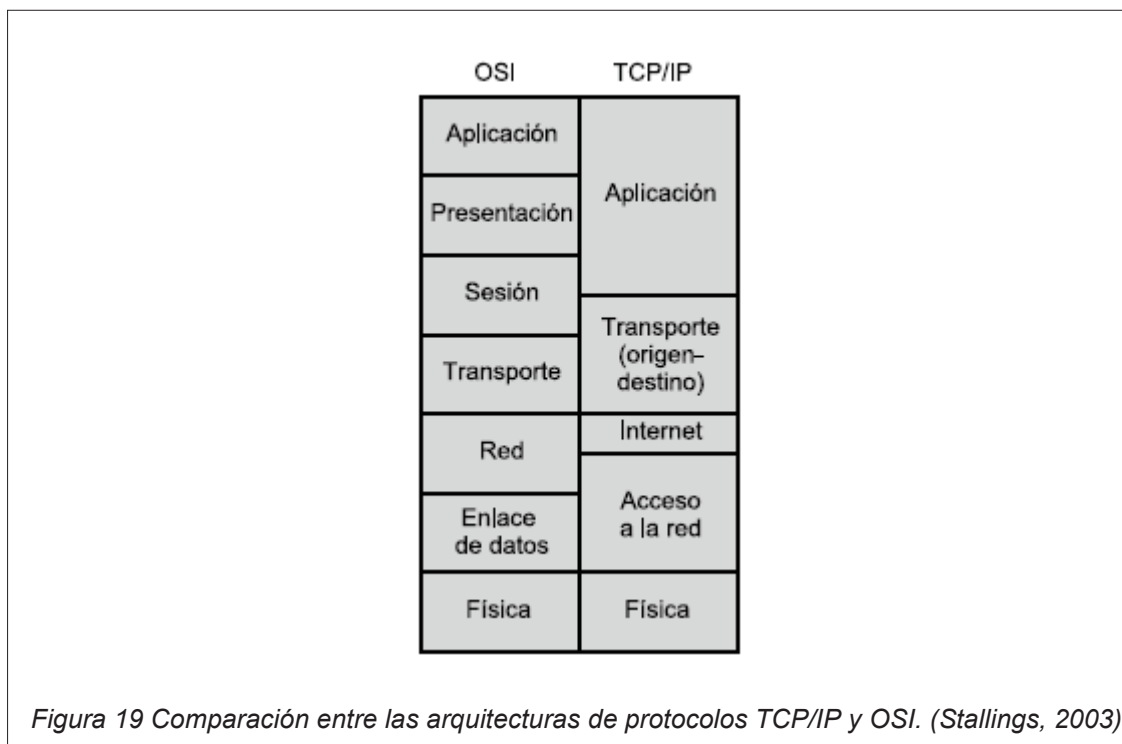


### 1.2.5.2 Modelo TCP/IP

Con el objetivo de conectar varias redes de manera firme que pudiera sobrevivir a la pérdida de hardware en la red, se creó la arquitectura que se conoce como el modelo de referencia TCP/IP.

El modelo TCP/IP estructura el problema de la comunicación en cinco capas relativamente independientes entre sí:

- Capa física.
- Capa de acceso a la red.
- Capa internet.
- Capa extremo-a-extremo o de transporte.
- Capa de aplicación.



### 1.2.6 Redes Inalámbricas

Una red inalámbrica no difiere en concepto de una red cableada común. Su única diferencia es el medio de transmisión que utiliza para recibir y transmitir los mensajes. Esta diferencia quedaría encapsulada en la capa física de los modelos OSI y TCP/IP respectivamente. Esta encapsulación abstrae a las capas superiores de su funcionamiento. Por lo que para una aplicación, por ejemplo, que intenta comunicarse con otra aplicación en otro nodo de la red, es transparente el medio de transmisión utilizado.

“La comunicación inalámbrica digital no es una idea nueva. A principios de 1901, el físico italiano Guillermo Marconi demostró un telégrafo inalámbrico desde un barco a tierra utilizando el código Morse (después de todo, los puntos y rayas son binarios). Los sistemas inalámbricos digitales de la actualidad tienen un mejor desempeño, pero la idea básica es la misma.” (Tanenbaum, 2003)

La mayoría de las redes inalámbricas se enlaza a la red alámbrica en algún punto para proporcionar acceso a archivos, bases de datos e Internet.

Como primera aproximación, las redes inalámbricas se pueden dividir en tres categorías principales:

- Interconexión de sistemas.
- LANs inalámbricas.
- WANs inalámbricas.

La interconexión de sistemas se refiere a la interconexión de componentes de una computadora que utiliza radio de corto alcance, por ejemplo Bluetooth.

Las LANs inalámbricas son sistemas en los que cada computadora tiene un módem de radio y una antena mediante los que se puede comunicar con otros sistemas. Existe un estándar para las LANs inalámbricas, llamado IEEE 802.11, que la mayoría de los sistemas implementa y que se ha extendido ampliamente.

El tercer tipo de red inalámbrica se utiliza en sistemas de área amplia. La red de radio utilizada para teléfonos celulares es un ejemplo de un sistema inalámbrico de área amplia.

#### **1.2.6.1 Estándar IEEE 802.11**

Como habíamos mencionado antes, es el estándar que define el funcionamiento de las LANs inalámbricas, también llamadas WLAN, por el inglés Wireless LAN. Básicamente define el funcionamiento de las capas físicas y de enlace de datos del modelo OSI o su equivalente en el modelo TCP/IP para las redes inalámbricas.

El estándar 802.11 especifica las técnicas de transmisión permitidas en la capa física.

- La opción de infrarrojos utiliza transmisión difusa (es decir, no requiere línea visual). Se permiten dos velocidades: 1 y 2 Mbps.  
El resto de los métodos utilizan el radio de corto alcance.

- Espectro Disperso con Salto de Frecuencia: utiliza 79 canales, cada uno de los cuales tiene un ancho de banda de 1 MHz, iniciando en el extremo más bajo de la banda ISM de 2.4 GHz.
- Espectro Disperso de Secuencia Directa: también está restringido a 1 o 2 Mbps.
- Multiplexión por División de Frecuencias Ortogonales: para enviar hasta 54 Mbps en la banda ISM más ancha de 5 GHz.
- Espectro Disperso de Secuencia Directa de Alta Velocidad: otra técnica de espectro disperso, que utiliza 11 millones de chips/seg para alcanzar 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

### 1.3 Sensores

Los sensores han sido parte de los sistemas electrónicos en prácticamente todas las industrias. Son fundamentales en el funcionamiento de incontables sistemas. Por décadas han sido utilizados para cuantificar fenómenos físicos y servir como catalizadores en la optimización de la toma de decisiones.

Son dispositivos diseñados para percibir la información externa de una magnitud física y transformarla en un valor electrónico que sea posible introducir al circuito de control.

Un sensor consta de algún elemento sensible a una magnitud física —como por ejemplo la intensidad o color de la luz, temperatura, presión, magnetismo, humedad— y debe ser capaz de transformar esa magnitud física en un cambio eléctrico.

La expansión y eficiencia en la producción de este tipo de aparatos, ha ampliado los contextos donde pueden ser utilizados, y ha propiciado un cambio de filosofía en su uso, así como la redefinición en concepto de estos dispositivos.

La noción previa de que un sensor solo puede medir temperatura, fuerza u otros tipos básicos de datos es ya obsoleta. Al igual que la idea de que son de

uso exclusivo de ambientes altamente industrializados. Algunos de los más claros ejemplos de lo anterior es la rápida inserción que han tenido estos dispositivos en mercados como el automovilístico y la telefonía móvil.

### **1.3.1 Clasificación de sensores**

Los sensores pueden ser clasificados según el tipo de señal de salida y según la magnitud medida. Según el tipo de salida pueden ser sensores de todo/nada, ya el nombre en si es bastante ilustrativo, sensores digitales y sensores analógicos.

#### **1.3.1.1 Sensores de presencia**

Un sensor de presencia, es un tipo de sensor que activa o desactiva automáticamente el mecanismo eléctrico al que está conectado, cuando detecta o no, la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado.

Existe una gran variedad de este tipo de dispositivos en el mercado. Son utilizados mayoritariamente en funciones de seguridad o automatización de procesos como la iluminación.

Pueden ser clasificados, según el entorno donde son instalados, en dos grupos:

- Volumétricos: utilizados en el interior de las viviendas.
- Perimétricos: utilizados en el exterior.



También pueden ser clasificados según el principio físico que utilizan:

- Inductivos: se basan en el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico en un campo magnético.
- Capacitivos: se basan en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie próxima a éste.
- Fotoeléctrico: responde al cambio en la intensidad de la luz.

En esta solución se utilizarán sensores de presencia para detectar intrusos y automatizar el encendido de luces en los exteriores, que a su vez, puede constituir un elemento disuasorio para los que intentan violar la integridad del recinto.

Sensores seleccionados del catálogo de sensores de presencia que distribuye BTicino Costa Rica, S.A. en Ecuador con sucursales en Guayaquil y Quito.

*Tabla 7 Cuadro comparativo de sensores Infrarrojo pasivo*

<b>Artículos</b>	<b>Descripción</b>
 <p>BMSA2102</p>	<p>Infrarrojo pasivo, detección de movimiento y el nivel de luz, administración de la carga de trabajo ON/OFF, pared o techo, área de cobertura amplia 30m por 270° y la profundidad de campo de la instalación de 10m (263 metros cuadrados) a una altura de 2.5m, una altura máxima de la instalación de 6m. Fuente de alimentación 100-240v AC, 50/60 Hz. Tiempo de retardo de 0s a 60 minutos y de los principales parámetros de funcionamiento.</p>
 <p>BMSA1201</p>	<p>Infrarrojo pasivo, detección de movimiento y nivel de luz, administración de carga ON/OFF, empotrada en el techo mediante resortes o de parche en caja, cobertura de área de 8m de diámetro circular (50 metros cuadrados) a una altura de instalación de 2.5m. Altura máxima de la instalación de 6m, fuente de alimentación de 100-240v CA, 50/60 Hz.</p>

#### Área de cobertura para BMSA2102

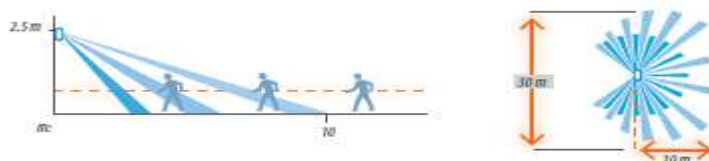


Figura 20 Área de cobertura para BMSA2102. (BTICINO)

#### Área de cobertura para BMSA1201 – BMSA1202 – BMSA2201

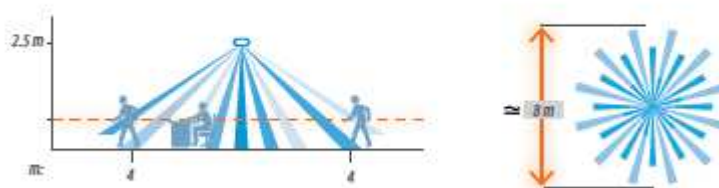


Figura 21 Área de cobertura para BMSA1201. (BTICINO)


### 1.3.1.2 Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos detectan una variación en un campo magnético en respuesta a la variabilidad de alguna magnitud física. Su funcionamiento se basa en el principio físico conocido como efecto Hall, por lo que también son llamados sensores de efecto Hall.

Entre los escenarios donde pueden ser utilizados estos sensores se encuentran las aplicaciones domóticas. Los sensores magnéticos pueden ser colocados en ventanas y puertas para registrar su estado de apertura o cierre. En general, constan de dos partes bien diferenciadas. Una que consiste en un imán permanente; y la otra que incluye la electrónica correspondiente. El imán se suele colocar en la parte móvil, y la conformada por la parte electrónica se suele alojar en el marco de puertas y ventanas o en el suelo.

Sensor seleccionado del catálogo que ofrece la distribuidora FLUIDICA CIA con sede en Quito.

Tabla 8 Sensor Magnético.

Artículo	Descripción
	<p>Interruptor de seguridad sin contacto con cuatro direcciones de actuación. Sus caras pueden ser rotadas en tres posiciones, permite una desalineación entre actuador y sensor de, como máximo, 53 milímetros y está protegido por una caja termoplástica que le permite mantener un funcionamiento óptimo bajo condiciones hostiles de operación.</p>

#### 1.4 Redes de sensores

Una red de sensores es una infraestructura comprometida con el censo, medición, procesamiento y comunicación de información que le permite a un administrador la habilidad de instrumentar, observa y reaccionar a eventos y fenómenos específicos del entorno al que está confinado. (Kazem Sohraby, 2007)

Consiste en un conjunto de sensores distribuidos en un determinado espacio para monitorear ciertas condiciones; y de forma cooperativa transmitir esta información a través de la red a una ubicación central.

Las redes de sensores son la clave para la obtención de la información necesaria por los entornos inteligentes, ya sea en edificios, instalaciones industriales, embarcaciones o el hogar.

Existen cuatro componentes básicos en una red de sensores:

1. El conjunto de sensores localizados o distribuidos físicamente.
2. Una red de interconexión, generalmente inalámbrica.



3. Un nodo central de procesamiento de la información.
4. Un conjunto de recursos computacionales en el nodo central para el tratamiento de la información.

#### **1.4.1 Red de Sensores Inalámbricos (*WSN, Wireless Sensor Network*)**

Las Redes de Sensores Inalámbricos son colecciones de nodos computacionales compactos y relativamente baratos, que miden condiciones ambientales en un entorno específico y transmiten esa información a un punto central para su adecuado procesamiento. (Kazem Sohraby, 2007)

Los nodos de una WSN pueden censar el entorno y comunicarse con sus nodos vecinos.

Las WSNs pueden ser utilizadas en un gran espectro de aplicaciones, desde el monitoreo ambiental, la seguridad de perímetros y el control de inventarios, hasta el censo de vehículos automotores.

Las principales características de estas redes son:

1. La habilidad de tratar con las posibles fallas en los nodos que conforman la red.
2. Movilidad.
3. Heterogeneidad de los nodos.
4. Escalabilidad.
5. Autodiagnóstico.

#### **1.5 Domótica**

La domótica es el conjunto de tecnologías empleadas en el control y la automatización inteligente de la vivienda, que permiten la gestión eficaz del uso de la energía, la seguridad, el confort y la comunicación entre el usuario y el sistema. Permitiendo dar respuesta a los requerimientos que plantean estos

cambios sociales y las nuevas tendencias de las formas de vida, facilitando el diseño de casas y hogares más humanos, más personales, polifuncionales y flexibles.

En síntesis se define por domótica al conjunto de sistemas y tecnologías integradas que controlan y automatizan las diferentes instalaciones de un inmueble, contribuyendo a la gestión energética, confort, seguridad, comunicación y accesibilidad entre el usuario y el sistema. (Domótica, 2012).

La domótica contribuye a mejorar la calidad de vida del usuario:

1. Facilitando el ahorro energético.
2. Fomentando la accesibilidad.
3. Aportando seguridad mediante la vigilancia automática de personas, animales y bienes, así como de incidencias y averías.
4. Convirtiendo la vivienda en un hogar más confortable a través de la gestión de dispositivos y actividades domésticas.
5. Garantizando las comunicaciones mediante el control y supervisión remoto de la vivienda a través de su teléfono o computadora.



Figura 22 Esquema de la domótica de una vivienda

### **1.5.1 Aplicaciones de la domótica**

#### **a. Gestión energética**

Es la acción de administrar las energías que se utilizan en un inmueble, dicha administración se apoya en tres pilares fundamentales que son, el ahorro energético, la eficiencia energética y la generación de energía. La domótica juega un papel muy importante en este punto ya que cuenta con la inteligencia suficiente para realizar dichas acciones. La gestión energética es considerada una de las aplicaciones más trascendentales de la domótica. (Domótica, 2012) Es importante aclarar que cuando se habla de energía se hace referencia a todos los tipos de energía, no solamente a la energía eléctrica.

En síntesis, la aplicación de la domótica gestiona la iluminación, climatización, agua caliente sanitaria, los electrodomésticos. Aprovechando mejor los recursos naturales, utilizando las tarifas horarias de menor coste, y reduciendo así, la factura energética.

#### **b. Confort**

Con el objetivo de hacer que las tareas repetitivas y rutinarias se realicen solas de forma automática, y programar escenas para que el inmueble se adapte a las necesidades de cada persona, de manera que la vivienda se ajuste por sí misma a sus necesidades, la domótica juega un papel muy importante garantizando el confort de la vivienda.

De manera general el confort de la gestión de dispositivos y actividades domésticas permite abrir, cerrar, apagar, encender y regular los electrodomésticos, la climatización, ventilación, iluminación natural y artificial, etc.

### **c. Seguridad**

Consiste en una red de seguridad encargada de proteger las personas y los bienes, esta aplicación se apoya en dos pilares que son la prevención y la detección para la acción. Como la domótica tiene pleno conocimiento del estado de las puertas, ventanas y sensores dentro y fuera de la vivienda, puede, de una manera muy sencilla y eficiente, tomar control de esa información y poder, mediante la programación instalada, proteger todo el hogar. Esta es también una de las aplicaciones más importante de la domótica, ya que la figura de la persona que lleva adelante la responsabilidad global del hogar durante todo el día es cada vez menos frecuente en las familias actuales; en su reemplazo están los elementos que permiten saber lo que está pasando, sea de manera local o a distancia. (Domótica, 2012)

### **d. Comunicación**

Esta aplicación puede que parezca poco importante, pero en realidad es la encargada o va de la mano con el resto de las aplicaciones ya que sin ella sería imposible conocer el estado y controlar los sistemas a distancia.

Lo que se consigue aquí es la posibilidad de conectarse con el hogar y dentro del mismo con la mayor cantidad de medios de comunicación disponibles, pudiendo de esta manera controlar la vivienda a distancia (tele-gestión) y aumentar la interactividad entre las personas y el hogar. (Domótica, 2012)

### **e. Accesibilidad**

En esta aplicación la domótica persigue posibilitar el acceso de cualquier persona a cualquier entorno. La accesibilidad busca que en cualquier ambiente exista facilidad para la deambulación, la aprehensión, la localización y la comunicación. Como ejemplo podemos nombrar los sistemas de acción por voz, los cuales permiten ejecutar cualquier tipo de acción mediante un comando de voz específico. (Domótica, 2012)

En síntesis permite a las personas con discapacidades la administración de los elementos del hogar de la forma que más se ajuste a sus necesidades.

### 1.5.2 Estándares internacionales de domótica

Desde los inicios de la domótica se desarrolló una carrera constante por parte de los fabricantes y empresas del sector por establecer estándares de fabricación; en la actualidad solo dos lograron permanecer en el tiempo e imponerse a nivel mundial, los cuales son, el KNX (*Konnex Association*) y el LonWorks (*LonMark Association*).

#### a. KNX

Konnex es la iniciativa de tres asociaciones europeas unidas para crear un único estándar europeo para la automatización de las viviendas y oficinas:

- EIBA, (*European Installation Bus Association*).
- BatiBUS Club International.
- EHSA (*European Home System Association*).

Los objetivos de esta iniciativa, con el nombre de "Convergencia", son:

- Crear un único estándar para la domótica e inmótica que cubra todas las necesidades y requisitos de las instalaciones profesionales y residenciales del ámbito europeo.
- Aumentar la presencia de estos bus domóticos en áreas como la climatización o HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning*).
- Mejorar las prestaciones de los diversos medios físicos de comunicación sobre todo en la tecnología de radiofrecuencia.
- Introducir nuevos modos de funcionamiento que permitan aplicar una filosofía Plug&Play a muchos de los dispositivos típicos de una vivienda.
- Contactar con empresas proveedoras de servicios como las empresas de telecomunicaciones y las empresas eléctricas, con el objeto de

potenciar las instalaciones de tele-gestión técnica de las viviendas.  
(Association, 2014)

En resumen, se trata de, partiendo de los sistemas EIB, EHS y BatiBUS, crear un único estándar europeo que sea capaz de competir en calidad, prestaciones y precios con otros sistemas norteamericanos como el LonWorks.

## **b. LonWorks**

La tecnología LonWorks fue presentada en el año 1992, desde entonces multitud de empresas vienen usando esta tecnología para implementar redes de control distribuidas y de automatización. Es un protocolo diseñado para cubrir los requisitos de la mayoría de las aplicaciones de control: edificios de oficinas, hoteles, transporte, industrias, monitorización de contadores de energía, viviendas, etc. Actualmente hay más de 100 millones de dispositivos instalados por todo el mundo.

Su arquitectura es un sistema abierto a cualquier fabricante que quiera usar esta tecnología, sin depender de sistemas propietarios, permitiendo reducir los costes y aumentar la flexibilidad de la aplicación.

### **1.5.3 Arquitectura del sistema**

Desde el punto de vista donde reside la inteligencia del sistema domótico, hay varias arquitecturas diferentes:

- **Arquitectura centralizada:** Un controlador centralizado recibe información de múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores.
- **Arquitectura distribuida:** Toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los módulos sean sensores o actuadores.
- **Arquitectura mixta:** Sistemas que combinan tanto arquitectura centralizada como distribuida. Estos sistemas disponen de varios

pequeños dispositivos distribuidos capaces de adquirir y procesar la información de múltiples sensores y transmitirlos a módulos centrales de procesamiento. (Domótica, 2012)

## 1.6 Tecnologías para enlaces inalámbricos.

Entre las tecnologías disponibles para la transmisión de la información los enlaces inalámbricos se encuentran las siguientes:

- Radio Frecuencia (RF): Se denomina así a todo canal de transmisión inalámbrico. En este grupo entrarían todos los enlaces cuya tecnología del mismo fue desarrollada por el fabricante y no se encuentra bajo ningún estándar. (y se recomienda no utilizar comunicaciones RF no estandarizadas).
- ZigBee: se encuentra especificada por la reunión de varios protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrico, la cual es utilizada para la radiodifusión digital de bajo consumo basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. Hay que destacar que en el entorno donde se aplique esta tecnología obtenga más fuerza es en domótica, pues presenta algunas características que lo distinguen de otras tecnologías, características tales como el bajo consumo, la topología de red en malla y la fácil integración ya que se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica.
- Bluetooth (BT): Es una especificación industrial para redes inalámbricas económicas de área personal WPANs (*Wireless Personal Area Network*) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz.
- WiFi (*Wireless Fidelity*): En español significa literalmente fidelidad sin cables. Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio con muy buena calidad de emisión para distancias

cortas (hasta 100 m). *Es una marca de la Wi-Fi Alliance, que es la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.* (Domótica, 2012)

## **1.7 Conclusiones**

En este capítulo se han introducido los conceptos básicos necesarios e indispensables para el desarrollo de esta investigación. Además, se han sentado las bases que permitirán desarrollar una solución a la problemática planteada. En el siguiente capítulo se abarca en mayor detalle algunos conceptos más específicos y se analizará desde un punto de vista técnico la factibilidad de la solución propuesta.



## CAPÍTULO II

### 2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

#### 2.1 Introducción

El presente capítulo describe el contexto donde será implementada la solución propuesta; se analiza la factibilidad de su implementación en términos de costos y rendimiento, se introducen y detallan nuevos conceptos derivados de los ya vistos en el capítulo anterior, basados en especificidades de la solución.

#### 2.2 Análisis de la situación actual de condominio Annabella

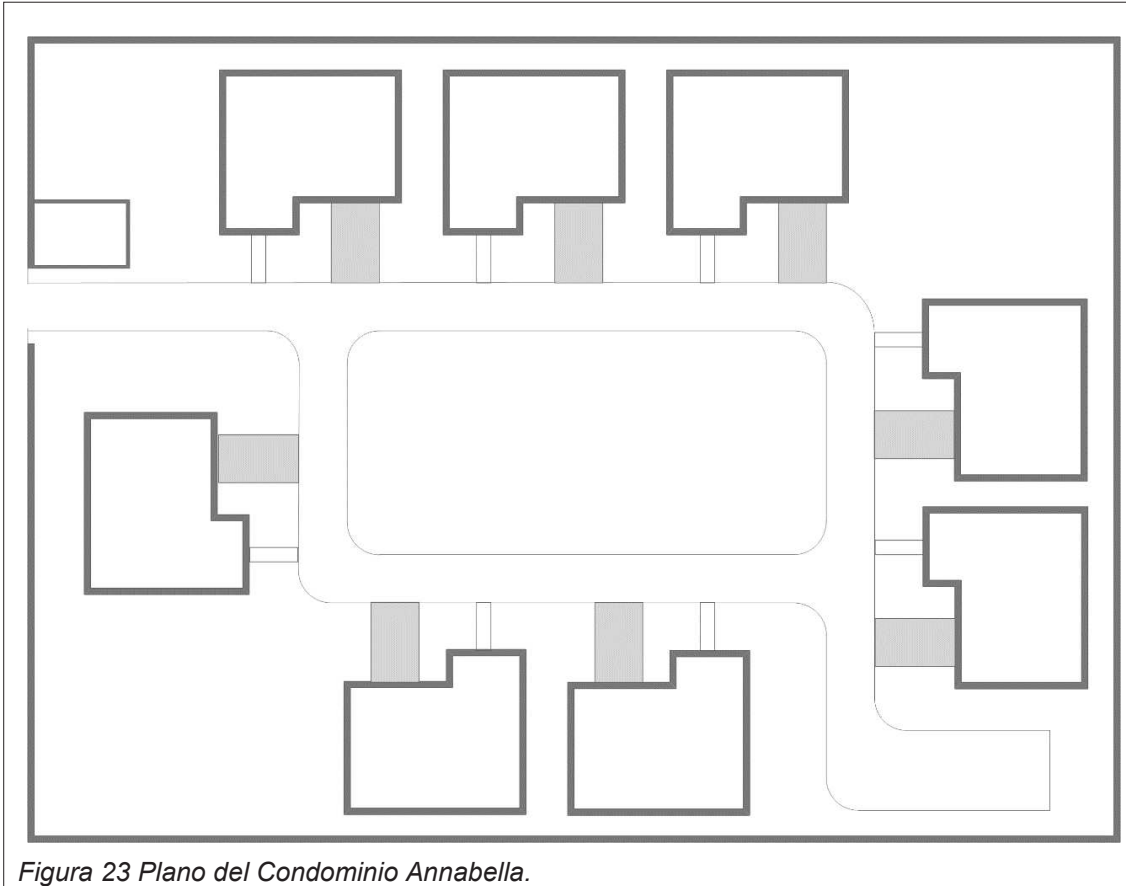
El alto índice de delincuencia en la ciudad de Quito, y más específico en el sector del Inca, provoca que el Condominio Annabella se encuentre prácticamente desprotegido ante dicha delincuencia, pues como medida de seguridad tan solo cuenta con un sistema de portero y garaje eléctrico, medida esta insuficiente ya que un portero eléctrico no es más que es un conjunto de elementos eléctricos y electrónicos destinados a gestionar las llamadas a la puerta de entrada del condominio, con posibilidad de accionar un abrepuertas eléctrico que desbloquea la cerradura y permite que se abra la puerta para permitir el paso al interior.

Medida esta que no es del todo confiable pues al abrir la puerta no se tiene idea de quién es el que está por entrar. Estos factores inciden negativamente en la calidad de vida y estabilidad emocional de los habitantes del condominio.

##### 2.2.1 Infraestructura

El Condominio Annabella está formado por ocho casas de tres pisos, de aproximadamente 250m<sup>2</sup> cada una.

Cuenta con portero eléctrico que puede ser abierto desde cualquiera de las casas, un garaje privado en cada una de ellas y terraza donde se encuentra el área de lavado; algunas casas tienen patio trasero.



*Figura 23 Plano del Condominio Annabella.*

Dada la similitud arquitectónica de los ocho inmuebles que componen el condominio, se utilizará como referencia para el caso de estudio solo uno de ellos seleccionado arbitrariamente.

Los tres pisos se encuentran divididos de la siguiente manera:

- En el primer piso se encuentra la sala, el comedor, la cocina y un baño social.
- En la segunda planta hay dos dormitorios que comparten un baño y una sala de estar.
- En el último piso está el dormitorio principal con vestidor y un baño.

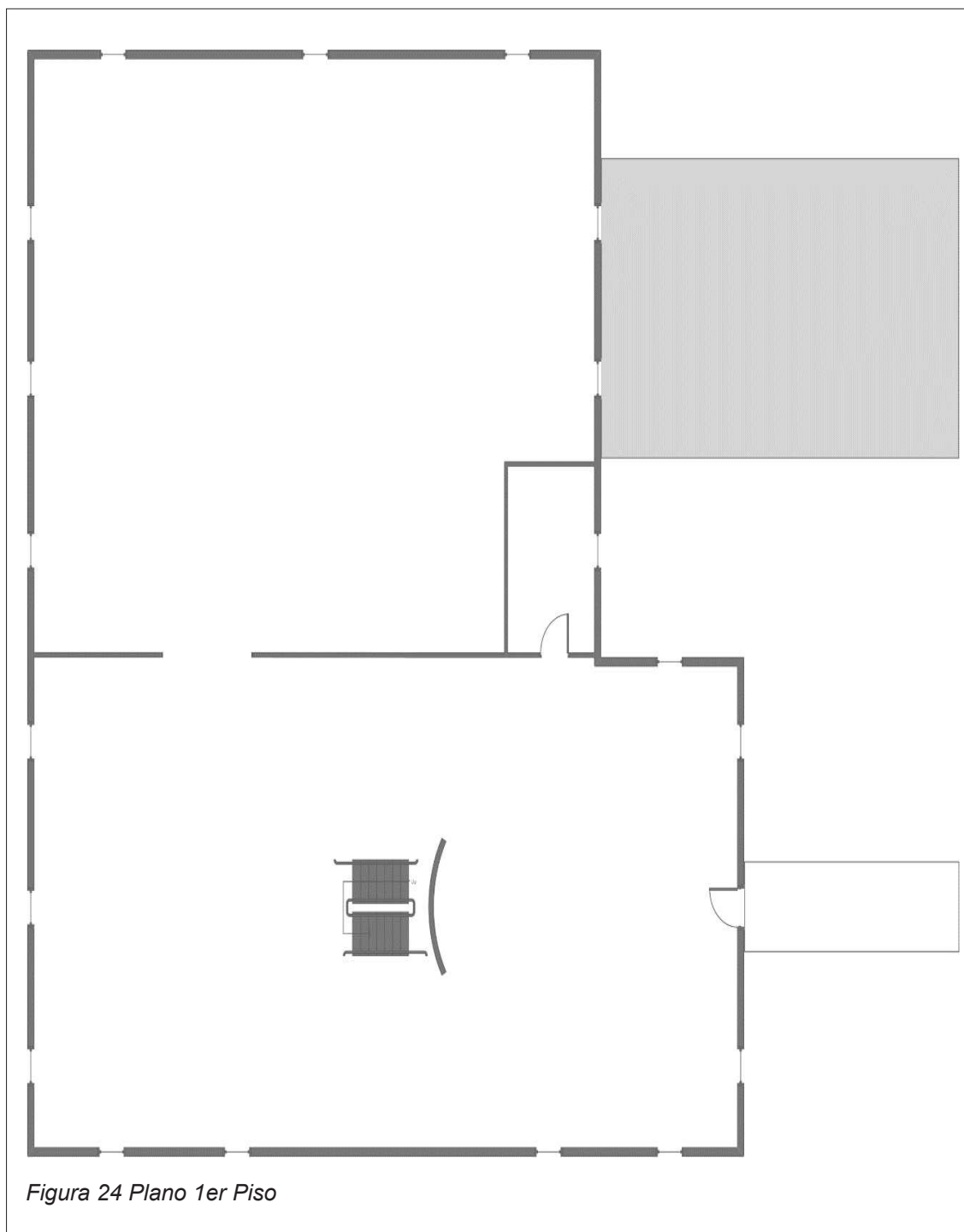


Figura 24 Plano 1er Piso

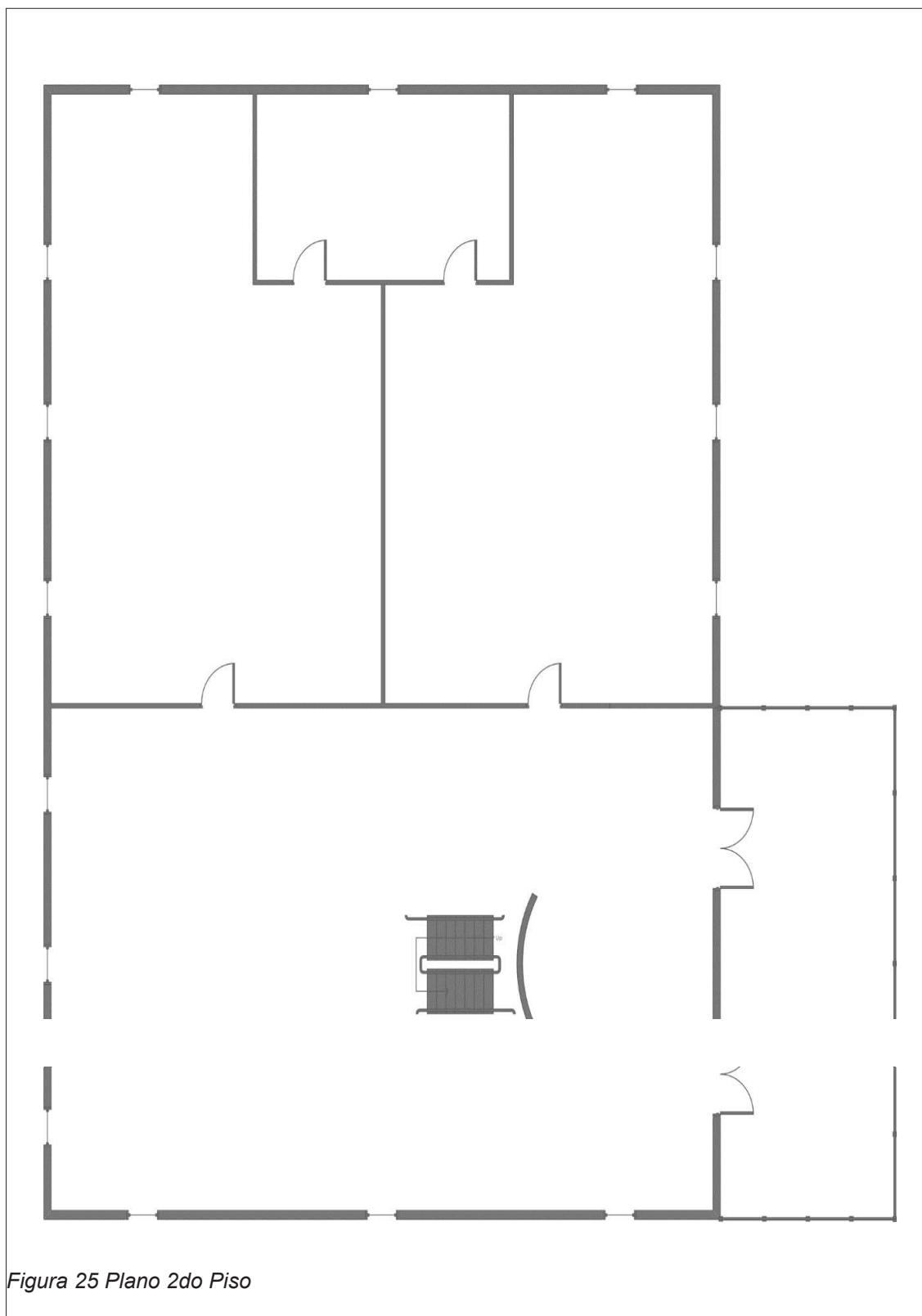
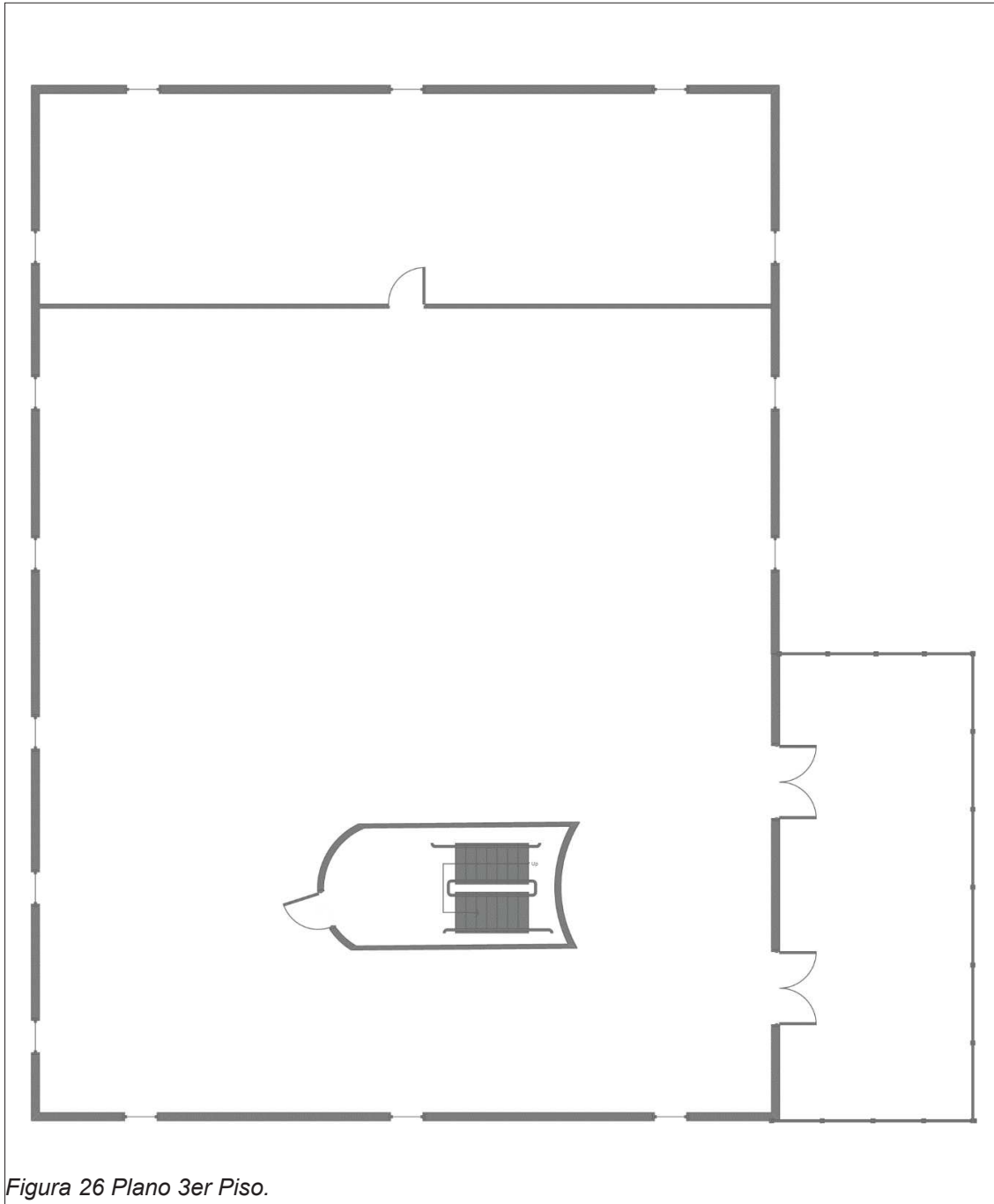


Figura 25 Plano 2do Piso



### 2.2.2 Requerimientos

Debido a al nivel de inseguridad en el Condominio Annabella se hace necesario aumentar los niveles de seguridad dentro de las instalaciones con el objetivo de eliminar y depreciar, los riesgos contra la integridad de los habitantes o sus bienes. Resaltando que a mayor seguridad aumentará la sensación de bienestar en la comunidad.

## **2.3 Análisis de la solución planteada**

En un primer plano se explicaron funciones y características de las redes, así como los tipos de estas que existen, pero de acuerdo a la problemática del Condominio Annabella y de acuerdo a su estructura habitacional, se plantea implementar una red de sensores inalámbricos en cada uno de los inmuebles del condómino, encargada de proteger a las personas y los bienes. Apoyándose en dos pilares fundamentales, la prevención y la acción.

Con el pleno conocimiento de la ubicación de las puertas, ventanas y sensores dentro y fuera de la vivienda, se puede tomar el control de esta información para proteger el hogar. Dicha red de sensores inalámbricos puede ser utilizada con un gran número de aplicaciones que garantice el monitoreo, la seguridad de los perímetros del condominio, la movilidad y escalabilidad.

### **2.3.1 Especificaciones técnicas de la solución**

Para implementar una red de sensores inalámbricos en cada uno de los inmuebles del condómino, encargada de proteger a las personas y los bienes y que garantice además el control y la automatización inteligente de la vivienda, la gestión eficaz del uso de la energía, la seguridad, el confort y la comunicación entre el usuario y el sistema, se necesitan realizar especificaciones técnicas.

La instalación de domótica debe ser realizada de manera profesional y respetando todas las normas técnicas aplicables a las mismas.

El proyecto en general debe diseñarse respetando los estándares internacionales de domótica.

Las razones fundamentales de seguir los lineamientos de un estándar internacional son:

- Los productos realizados por diferentes fabricantes pueden ser combinados entre sí, asegurando con esto la tranquilidad de tener basto soporte de productos compatibles de cientos de empresas.
- Garantiza el mantenimiento y las ampliaciones futuras de la instalación con productos de total continuidad en el mercado y en constante evolución. (Domótica, 2012)

## 2.4 Estándar de domótica seleccionado para la solución

Para seleccionar el estándar de domótica a utilizar primeramente hay que hacer un análisis, para percibir cuál es más efectivo a la hora de implementar la red de sensores inalámbricos en cada uno de los inmuebles del condómino Annabella, de acuerdo a las características que posee el condominio y a las necesidades de garantizar una efectiva seguridad.

*Tabla 9 Comparación entre KNX y LonWorks*

<b>En cuanto a:</b>	<b>KNX</b>	<b>LonWorks</b>
<b>Fuente de alimentación</b>	Necesita una por línea	No necesita, es parecido a la red Ethernet
<b>Programación (configuración) de los chips</b>	Se debe asignar una dirección física a los componentes uno a uno (al menos la primera vez), presionando el pin de programación, lo que puede ser bastante engorroso si hay un número importante de	Los dispositivos vienen con un ID preinstalado y escrito en dos pegatinas mediante código de barras. Basta guardar una de ellas para tener el ID siempre a mano. Además los ID se pueden leer con un código de barras, lo que facilita

	dispositivos a instalar.	bastante las instalaciones grandes.
<b>Topología de cableado</b>	Ambos utilizan la misma topología libre.	
	No se permite hacer bucles.	Se permite hacer bucles.
	Si produce los bucles, por error, pueden dar muchos problemas en KNX.	Los bucles permiten que haya redundancia en caso de rotura del cable.
	Está limitado a una distancia de 1000m (con varias fuentes de alimentación).	Existe la topología en BUS, que permite alcanzar distancias hasta 2700m.
<b>Cable</b>	Existe un tipo de cable homologado (con varios fabricantes), apantallado sin poner a tierra.	Existen varios tipos de cable que se pueden usar, si se usa uno apantallado hay que ponerlo a tierra
<b>Autenticación encriptación</b>	/ En principio, no existe ninguno de los dos.	Se pueden enviar paquetes que requieran autenticación, aunque consumen bastante ancho de banda y no se suelen usar.



<b>Herramientas de instalación / depuración</b>	Se realiza todo con el ETS (tanto instalación como depuración), software aceptado por todos los fabricantes para instalar la red y hacer depuración.	Existen diferentes softwares, aunque hay uno de Echelon, el LonMaker, que es válido para todos los productos. Para hacer depuración se necesita un analizador de protocolos, el LonScanner.
	El precio del ETS y del LonMaker es parecido, unos 800€ aproximadamente	
<b>Recuperación de la base de datos</b>	No es posible, se necesita el proyecto original	Permite recuperar información del estado de la red, componentes, conexiones entre ellos...etc., siempre y cuando se tenga un "mapa" de la instalación
<b>Tecnología de acceso al medio</b>	Los dos usan el protocolo de acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones (CSMA-CD, <i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i> ) bastante parecida	
<b>Velocidad de transmisión (sobre cable)</b>	9600bps	76000bps

<b>Torre de protocolos</b>	Se utilizan 5 protocolos	Se implementan todos los niveles OSI.
		Interconexión con redes LAN IP.
<b>Tipos de datos</b>	Existen los tipos de datos estándar que son los únicos que se pueden usar. Con eso está asegurado que todos los productos del mercado se pueden comunicar.	Existen los tipos estándar (más de 180), las SNVTs ( <i>Standard Network Variable Type</i> ), pero además hay otras que pueden ser específicas del componente, las UNVTs ( <i>User Network Variable Type</i> ).
<b>Transmisión por IP</b>	En ambos sistemas se pueden encapsular los mensajes sobre IP y utilizar Internet (TCP/IP) como medio de transmisión.	
<b>Productos y Distribuidores</b>	En España hay un mayor número de tipos de dispositivos y de distribuidores de KNX.	Existen varias empresas que se dedican al desarrollo de productos y a su distribución.
	KNX quizá esté más orientado a la domótica (pensada con el usuario particular como objetivo)	LON más a la inmótica (con la instalación como objetivo).

Indudablemente ambas son dos tecnologías fiables y robustas que se pueden utilizar con seguridad, pero en la implementación de esta red de sensores inalámbricos se va utilizar el estándar de domótica LonWorks.

El protocolo LonWorks es un protocolo basado en paquetes que se caracteriza porque todos los nodos conectados por medio de él se comportan como iguales entre sí, de forma que no existe el concepto de cliente - servidor.

Además contempla una arquitectura de capas basada en el modelo OSI de ISO para asegurarse que cumple con los requerimientos específicos. De un sistema de control de manera fiable y robusta. El protocolo implementa las 7 capas del modelo, haciendo que sea un protocolo realmente completo y escalable.

Además que los servicios de soporte para la gestión de la red permiten a las herramientas de gestión remota de la red interactuar con los dispositivos de la red, incluyendo:

- Reconfiguración de las direcciones y parámetros.
- Descarga de programas de aplicación.
- Reporte de problemas de red.
- Arrancar, parar y/o resetear programas de aplicación de dispositivos.

#### **2.4.1 Arquitectura del sistema**

Para determinar que Arquitectura es más conveniente utilizar en la red inalámbrica antes propuesta se realiza el siguiente análisis.

Tabla 10 Comparación de Arquitectura Centralizada, Distribuida y Mixta.

Arquitecturas		
Centralizada	Distribuida	Mixta
Recibe información de múltiples sensores y, una vez procesada.	Toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los módulos sean sensores o actuadores.	Sistemas que combinan tanto arquitectura centralizada como distribuida.
Genera las órdenes oportunas para los actuadores.		Dispone de pequeños dispositivos distribuidos capaces de adquirir y procesar la información de múltiples sensores y transmitirlos a módulos centrales de procesamiento.

Una vez analizado los tres tipos de arquitectura, se determinó que la solución propuesta utilizará una arquitectura centralizada ya que la misma permite un control homogéneo del sistema por parte de los usuarios, pues los nodos de la red se dispersan en una determinada área para realizar un monitoreo constante de su alrededor.

Dichos nodos realizarán una serie de actividades, que son las cuatro funciones básicas que presenta una arquitectura centralizada que son repetidas durante todo su tiempo de vida, como son: Despertar-Medir-Transmitir-Dormir.

#### 2.4.2 Tipo de enlace

Los enlaces utilizados en la solución serán enlaces inalámbricos, entre las tecnologías disponibles para la trasmisión de la información sobre este tipo de enlaces se encuentran las siguientes:

Se selecciona la tecnología y conjunto de protocolos ZigBee por la seguridad que ofrece en sus protocolos de comunicación y la eficiente gestión de la energía en los nodos que maximiza la vida útil de las baterías, aspecto fundamental a la hora de ofrecer garantías del sistema. Más adelante se describirá en detalles el funcionamiento de este conjunto de protocolos.

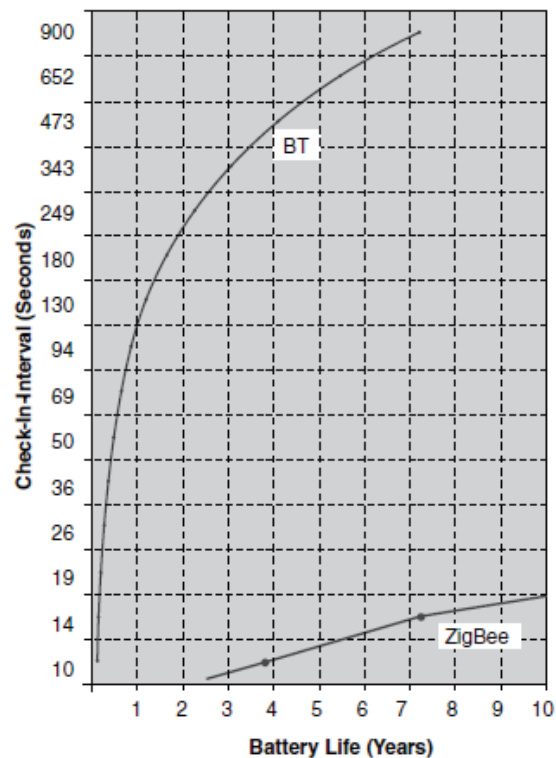


Figura 27 Longevidad de las baterías. (Kazem Sohraby, 2007)

### 2.4.3 Topología del sistema

Para la implementación de la solución propuesta se seleccionó una topología en forma de estrella, donde un controlador centralizado recibe información de múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores.

Cada dispositivo tendrá solamente un enlace punto a punto dedicado con el controlador central, habitualmente llamado concentrador. Los dispositivos no estarán directamente enlazados entre sí. Conexión utilizada típicamente por los

sistemas centralizados donde existe un único controlador sobre el que pasa toda la información.

En (Kazem Sohraby, 2007), se clasifican las WSNs y sus sistemas asociados en dos categorías: (C1) los que utilizan un sistema basado en una arquitectura en forma de malla, con ruteo dinámico, tanto en la parte cableada como inalámbrica de la red, y (C2) los sistemas que utilizan conexiones punto a punto o multipunto con una arquitectura en forma de estrella y ruteo estático sobre la red inalámbrica.

Según esta clasificación, la solución se enmarca en las Redes Inalámbricas de Sensores de categoría dos (C2) desde el punto de vista comercial. La categoría que engloba la mayoría de los sistemas de control residencial. La categoría uno (C1) abarca principalmente los sistemas con fines militares.

#### **2.4.4 Hardware**

Luego de determinar los aspectos técnicos que se tendrán en cuenta durante la implantación de esta solución, se debe realizar una búsqueda exhaustiva de los dispositivos que se encuentran en el mercado y que deben cumplir estos requerimientos.

Los componentes imprescindibles para la implementación del proyecto son los siguientes:

Tabla 11 Componente de Hardware para red inalámbrica

<b>Componentes de Hardware</b>		
<b>Transceiver ZigBee</b>	<b>Microcontrolador</b>	<b>Sensores</b>
Dispositivo que realizará la transmisión y recepción de la comunicación. Para ello deberá ser compatible con el protocolo ZigBee	Estará compuesto por una CPU ( <i>Central Processing Unit</i> ), una memoria y puertos de E/S. El microcontrolador hará las tareas de recepción de los datos extraídos por los sensores, procesamiento y envío hacia el <i>transceiver</i> . El CPU deberá ser compatible con ZigBee.	Serán los elementos encargados de capturar las medidas.


#### 2.4.5 Módulos ZigBee

Se ha realizado una búsqueda para escoger el módulo ZigBee a utilizar en la implementación de la red inalámbrica, pero para ella se ha tenido que efectuar un estudio de diferentes dispositivos ZigBee (*transceiver* y microcontroladores) que proporcionan un listado de fabricantes. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12 Tipos de módulos ZigBee

Módulos ZigBee				
XBee ZNet 2.5 RF Module	XBee-PRO ZNet 2.5 RF Module	EasyBee ZigBee Transceiver Module	ZB-21 ZigBee OEM Module	ATMEL Module
El módulo XBee ZNet 2.5 RF satisface las necesidades de bajo costo y bajo consumo exigido en redes de sensores inalámbricas.	Del mismo fabricante que el anterior, por lo tanto las aportaciones de uno y otro son muy parejas.	EasyBee consiste en un módulo <i>transceiver</i> útil para RF ZigBee dentro del IEEE 802.15.4.	Es uno de los sobresalientes módulos con capacidad de utilización de ZigBee.	ATMEL es el nombre del fabricante que proporciona dispositivos compatibles con la especificación ZigBee.



<p>El módulo diseñado para ZigBee es de fácil uso, requiere niveles mínimos de potencia y proporciona una entrega fiable de datos entre dispositivos. (Faudot, 2008)</p>		<p>Esto permite facilitar el diseño de productos inalámbricos que posean ZigBee/IEEE 802.15.4 sin la necesidad de RF o de diseño de antenas grandes. (Faudot, 2008).</p>	<p>El ZB-21 ZigBee OEM Module ha sido diseñado para aportar una mayor flexibilidad en las conexiones. El módulo ZB-21 incluye un procesador OKI ARM7TDMI y funciones RF de ZigBee. (Faudot, 2008)</p>	<p>En este caso se detalla, por separado, cual es el <i>transceiver</i> y el microcontrolador utilizados para la implementación del módulo. Otra solución completa al integrar en su placa todos los componentes requeridos y compatibles con ZigBee.</p>
				

<p>No precisa de ninguna configuración para comunicaciones RF. XBee ZNet 2.5 no está configurado para ningún nivel de aplicación específico, esto proporciona que se pueda usar en una amplia gama de sistemas. (Faudot, 2008)</p> <p>El fabricante proporciona únicamente el <i>transceiver</i>, por lo</p>	<p>XBee-PRO se diferencia por una mayor potencia de salida y por lo tanto mayor cobertura, mayor tamaño de dispositivo y mayor consumo en potencia. XBee-PRO es solamente el <i>transceiver</i>, este es uno de los</p>	<p>Este módulo es una solución rápida para aplicar ZigBee y IEEE 802.15.4 a las comunicaciones. Se encuentra con otro fabricante que proporciona únicamente el dispositivo <i>transceiver</i> para hacer la conexión mediante ZigBee.</p>	<p>Esta opción suministra de forma conjunta e integrada los dispositivos <i>transceiver</i> y microcontrolador.</p>	<p>Posee un <i>transceiver</i> (AT86RF230) de bajo consumo, como es requerido en ZigBee, y que trabaja en la banda de frecuencias de los 2.4GHz. Ha sido diseñado especialmente para las aplicaciones de bajo coste de ZigBee/IEEE 802.15.4.</p> <p>El <i>transceiver</i> AT86RF230 es muy útil para las siguientes aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redes de sensores inalámbricas.</li> <li>- Control industrial.</li> <li>- Automatización del hogar.</li> <li>- Consumo electrónico.</li> <li>- Periféricos del PC.</li> </ul> <p>ATmega1281:</p> <p>El microcontrolador ATmega1281, utilizado en el módulo ATMEL, compatible con ZigBee y con el <i>transceiver</i> AT86RF230, es un</p>
--	---	---	---	---

<p>tanto se debe encontrar un microcontrolador compatible con este módulo.</p>	<p>motivos por el que probablemente e se puedan descartar los módulos proporcionados por XBee.</p>			<p>microcontrolador CMOS 8-bit de bajo consumo basado en las mejoras AVR de la arquitectura RISC. Ha sido optimizado en el aspecto de la velocidad de procesamiento, por lo tanto es muy útil en casos de gran transferencia de datos y posterior procesamiento de ellos. (Faudot, 2008)</p>
--	--	--	--	--

### 2.3.6.1 Módulo ZigBee seleccionado para la solución

Al concluir la búsqueda de los dispositivos disponibles en el mercado se selecciona el módulo ATMEL para la construcción de esta solución, por las siguientes razones.

- Todos sus componentes son los adecuados para la implementación de una red de sensores inalámbrica ZigBee.
- El microcontrolador y el *transceiver* utilizados son compatibles con el estándar.
- Las características de ambos dispositivos se adaptan al bajo consumo de energía.

### 2.3.7 Selección del tipo de Sensor a utilizar en la solución.

Cada sensor estará conectado directamente con un módulo ATMEL que actuará como emisor. Con los datos ya almacenados en el emisor, éste se encargará de la transmisión RF de los datos hacia otro módulo que actuará como receptor (nodo central) y donde los datos podrán ser monitorizados.

Como se analizará más adelante, una red ZigBee está conformada por un nodo central que actúa como coordinador de la red y un conjunto de dispositivos que se encargan de enviarle información a este nodo central.

En esta solución se utilizarán sensores de presencia para detectar intrusos y automatizar el encendido de luces en los exteriores, que a su vez, puede constituir un elemento disuasorio para los que intentan violar la integridad del recinto.

Sensores seleccionados del catálogo de sensores de presencia que distribuye BTicino Costa Rica, S.A. en Ecuador con sucursales en Guayaquil y Quito.

Un sensor de presencia, es un tipo de sensor que activa o desactiva automáticamente el mecanismo eléctrico al que está conectado, cuando detecta o no, la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado.

### **2.3.8 Software**

El kit de software BitCloud proporciona un completo set de herramientas, aplicaciones de referencia, bibliotecas de funcionalidades y documentación para un rápido diseño e implementación de redes inalámbricas que cumplan con las especificaciones de la pila de protocolos ZigBee. Ha sido optimizado para funcionar bajo las restricciones de bajo consumo energético y memoria disponible que se dan en las aplicaciones de este tipo.

Sus principales características son las siguientes:

- Aplicaciones de referencia implementando ZigBee en aplicaciones domóticas.
- Soporte de infraestructuras de redes de cientos de dispositivos.
- Flexibilidad y usabilidad de las herramientas de desarrollo.
- Completo cumplimiento de los estándares ZigBee.

En adición a lo señalado, el kit de desarrollo de software BitCloud, es proporcionado por ATMEL, el fabricante de los módulos ZigBee seleccionados, lo que garantiza una integración y compatibilidad total con los dispositivos.

## **2.4 Análisis del conjunto de protocolos ZigBee**

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica. Esta especificación define una solución para comunicaciones inalámbricas de bajo coste y consumo. (Faudot, 2008)

El principal objetivo que pretende satisfacer una red de comunicación ZigBee es la de comunicar aplicaciones que requieren comunicaciones seguras, con baja tasa de envío y maximización de la vida útil de sus baterías. La red, en su conjunto, utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta 5 años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación. (Faudot, 2008)

La pila de protocolos ZigBee, también conocida como ZigBee Stack, se basa en el nivel físico y el control de acceso al medio, definidos en el estándar IEEE 802.15.4, que desarrolla estos niveles para redes inalámbricas de área personal de baja tasa de transferencia. (Faudot, 2008)

La especificación ZigBee completa este estándar añadiendo cuatro componentes principales:

- Nivel de red.
- Nivel de aplicación.
- Objetos de dispositivo ZigBee (ZDO).
- Objetos de aplicación definidos por el fabricante.

Además de añadir dos capas de alto nivel (nivel de red y de aplicación) a la pila de protocolos, el principal cambio es la adición de los Objetos de dispositivo ZigBee, ya que son los responsables de llevar a cabo una serie de cometidos, entre los que se encuentran el mantenimiento de los roles de los dispositivos, la gestión de peticiones de unión a una red, el descubrimiento de otros dispositivos y la seguridad.

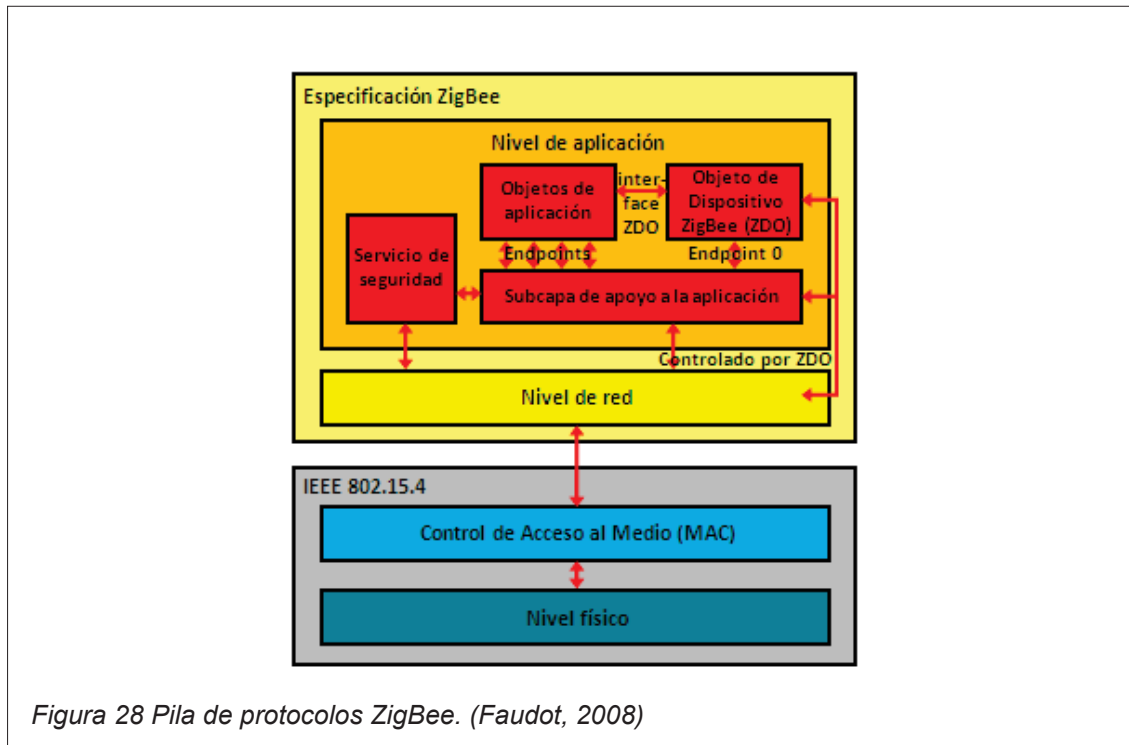


Figura 28 Pila de protocolos ZigBee. (Faudot, 2008)

#### 2.4.1 Estándar IEEE 802.15.4

El estándar no define niveles superiores ni subcapas de interoperabilidad. Existen extensiones, como la especificación ZigBee, que complementan al estándar en la propuesta de soluciones completas. (Faudot, 2008)

IEEE 802.15.41 es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

El propósito del estándar es definir los niveles de red básicos para dar servicio a un tipo específico de red inalámbrica de área personal (WPAN) centrada en la habilitación de comunicación entre dispositivos con bajo coste y velocidad. Se enfatiza el bajo coste de comunicación con nodos cercanos y sin infraestructura, o con muy poca, para favorecer aún más el bajo consumo. (Faudot, 2008)

## 2.4.2 Dispositivos en una red ZigBee

En una red ZigBee se pueden encontrar y detectar tres tipos de dispositivos diferentes, según el papel que juegan:

*Tabla 13 Dispositivos en una red ZigBee*

<b>Nodos de una red ZigBee</b>		
<b>Coordinador(ZC):</b>	<b>Router (ZR):</b>	<b>Dispositivo Final (ZED):</b>
Dispositivo más completo de los tres, puesto que sus funciones son las de controlar y coordinar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos. (Faudot, 2008)	Su función es la de interconectar los dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario. (Faudot, 2008)	En este dispositivo quedan representadas las principales características de ZigBee, como son el bajo consumo y el bajo coste. Los ZED poseen la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre, que ya puede ser el ZR o el ZC. Este tipo de dispositivo puede estar “dormido” la mayor parte del tiempo aumentando así la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por ello significativamente más barato. (Faudot, 2008)
Sólo existe uno en cada red.	Permite que otros nodos se conecten a la red, y que se pueda conectar también a otros enrutadores o routers.	Permite que otros nodos se asocien a él, y no participa en el enrutamiento de mensajes. Sólo se puede comunicar con dispositivos FFD.



## 2.5 Conclusiones

En este capítulo se ha analizado a fondo la factibilidad de la implementación de una red de sensores en el condominio Annabella, describiendo cada uno de los recursos que serán empleados y sus relaciones. Especificando las técnicas a utilizar en la solución y respetando los estándares internacionales de domótica. Técnicas estas que permiten garantizar el mantenimiento y las ampliaciones futuras de la instalación con productos de total continuidad en el mercado y en constante evolución.

El protocolo de domótica a utilizar es el LonWorks basado en paquetes, con una arquitectura de capas basadas en el modelo OSI, características esta que le permite ser efectivamente completo y escalable.

Por otra parte la arquitectura que se aplicará es la centralizada con un tipo de enlace ZigBee debido a la seguridad que ofrece en sus protocolos de comunicación y la eficiente gestión de la energía en los nodos que maximiza la vida útil de las baterías. Acompañado a este tipo de enlace debe ir un módulo, en este caso se determinó utilizar, luego de un análisis, el ATMEL ya que sus componentes son los adecuados para la implementación de una red de sensores inalámbrica ZigBee.

En cambio la topología en forma de estrella es la a implementar en el sistema, ya que permite al controlador centralizado recibir información de múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores.

Por su parte los componentes de Hardwares que permitirán la implementación de la red inalámbrica son: Transceiver ZigBee, Microcontrolador y los Sensores.

Para detectar intrusos y automatizar el encendido de luces en los exteriores, que a su vez, puede constituir un elemento disuasorio para los que intentan violar la integridad del recinto se utilizarán sensores de presencia. Acompañados del software BitCloud que proporciona un completo set de

herramientas, aplicaciones de referencia, bibliotecas de funcionalidades y documentación para un rápido diseño e implementación de redes inalámbricas que cumplan con las especificaciones de la pila de protocolos ZigBee.

Y por último se utilizarán los dispositivos **ZC, ZR y ZED** para controlar y coordinar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.

En síntesis, luego de un análisis, en este capítulo se han determinado las técnicas y dispositivos a utilizar en la implementación de la red del condominio Annabella. En el próximo capítulo se abarcará el diseño, desde el punto de vista físico, de la solución propuesta.

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS

#### 3.1 Introducción

El presente capítulo describe el diseño de la red de sensores inalámbrica ZigBee en el condominio Annabella.

Con el pleno conocimiento de la ubicación de las puertas, ventanas y sensores dentro y fuera de la vivienda, se utilizarán sensores magnéticos, sensores volumétricos, sensores perimétricos y detectores de rotura de cristales, todos estos dispositivos controlados por un coordinador ZigBee (ZC) y un router ZigBee (ZR). De manera que se garantice el monitoreo, la seguridad de los perímetros del condominio, la movilidad y escalabilidad. Apoyándose en dos pilares fundamentales, la prevención y la acción.

#### 3.2 Ubicación de los equipos

Para representar el diseño de la red en los planos del condominio, los sensores y dispositivos a implementar, se crea una leyenda, que permita describir la ubicación exacta de cada uno.

- Coordinador ZigBee (ZC).
- Router ZigBee (ZR)
- Dispositivo Final (ZED). Detector de rotura de cristal.
- Dispositivo Final (ZED). Sensor perimétrico.
- Dispositivo Final (ZED). Sensor volumétrico.
- Dispositivo Final (ZED). Sensor magnético.

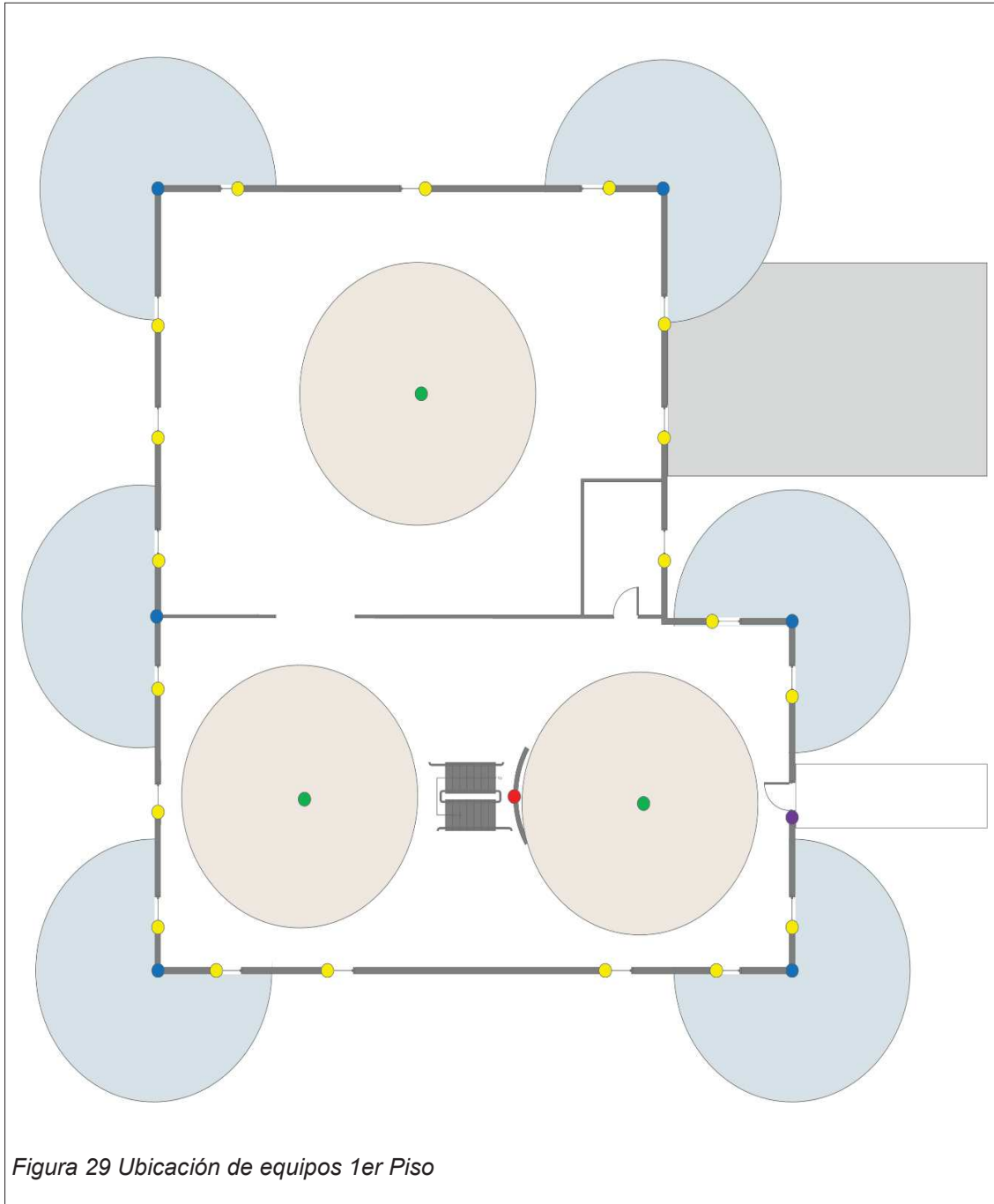
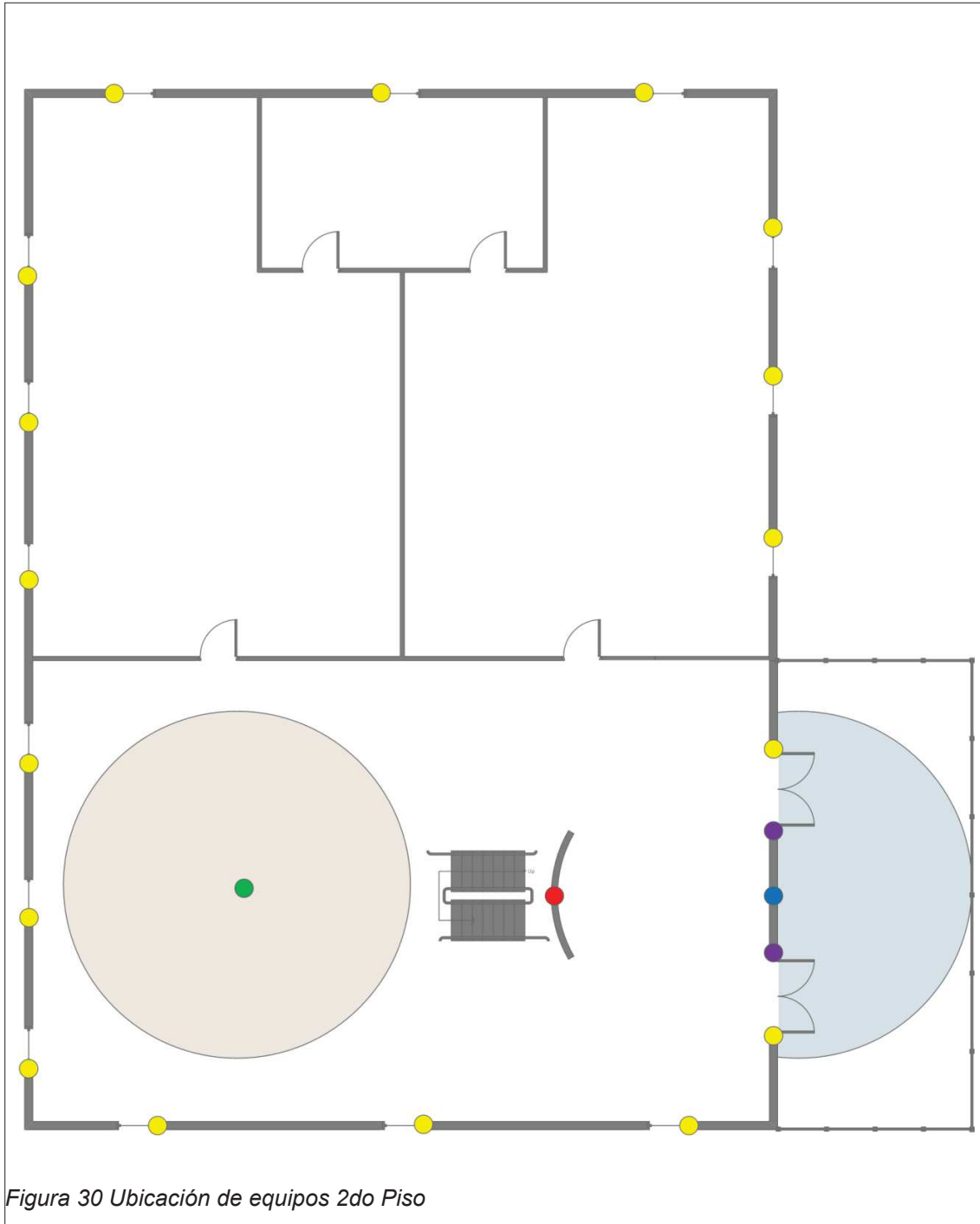
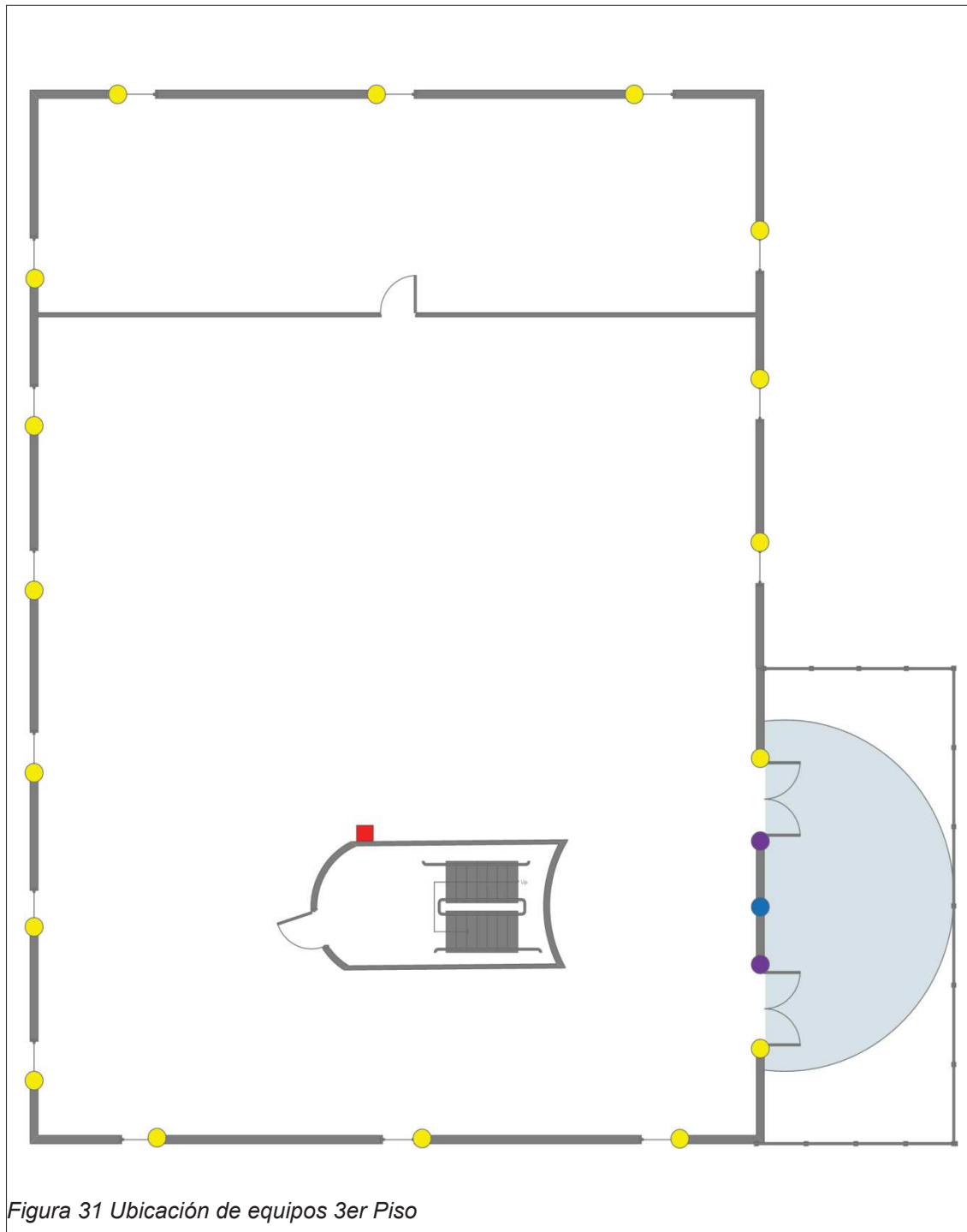


Figura 29 Ubicación de equipos 1er Piso





### 3.3 Descripción de la red de sensores

Para describir la red de sensores del Condominio Annabella, se explicara de manera más explícita cada una de las figuras diseñadas en el epígrafe 3.2.

En el primer piso, tal y como se detalla en la figura No 27 la ubicación de los equipo a utilizar, para mejor comprensión, se colocaron seis sensores perimétricos, posicionados en el exterior de la planta, garantizando la detección de intrusos. Además se situaron diecinueve detectores de rotura de cristal en las ventanas del piso, un sensor magnético ubicado en la puerta de acceso, tres sensores volumétricos para los interiores, situados solo en zonas comunes para evitar falsas alarmas durante la noche mientras los moradores del inmueble permanezcan dentro. Y por último un router ZigBee que será cableado con los routers de los otros niveles con la función de lograr la interconexión entre los dispositivos finales en cada nivel.

En el segundo piso, tal y como se detalla en la figura No 28 ubicó un sensor perimétrico, posicionado a la entrada del piso para lograr la detección de intrusos. Se situaron diecisiete detectores de rotura de cristal en las ventanas, dos sensores magnéticos ubicados en las puertas de acceso, un sensor volumétrico situado en el pasillo con el fin de evitar falsas alarmas mientras los moradores permanezcan dentro del inmueble. Y un router ZigBee que será cableado con el routers del primer nivel e interconectado con el dispositivo final de cada piso.

En el tercer piso, tal y como se detalla en la figura No 29 se ubicó un sensor perimétricos situado en la entrada del local. Además se situaron diecisiete detectores de rotura de cristal en las ventanas del piso, dos sensores magnéticos ubicados en la puerta de acceso. Y un coordinador ZigBee garantizando la comunicación entre los routers de cada piso.

En general para el montaje de una red de sensores inalámbricos en el condominio Annabella en un apartamento de necesita aproximadamente un coordinador ZigBee, dos routers ZigBee, cincuenta y tres detectores de rotura de cristal, ocho sensores perimétricos, cuatro sensores volumétricos y 5 sensores magnéticos.

Este análisis sería tan solo para un apartamento, por lo que si el condominio cuenta con ocho inmuebles con el mismo diseño arquitectónico, se necesitaría

entonces instalar un aproximado de ocho coordinadores ZigBee, 16 routers ZigBee, cuatrocientos veinte y cuatro detectores de rotura de cristal, sesenta y cuatro sensores perimétricos, treinta y dos sensores volumétricos y cuarenta sensores magnéticos.

### **3.4 Conclusiones**

Una vez detalladas las ubicaciones de los sensores perimétricos, detectores de rotura de cristal, sensores magnéticos, sensores volumétricos, routers ZigBee y coordinadores ZigBee, a utilizar, en los apartamentos del condominio, con el fin de garantizar la seguridad y bienestar de las personas que lo habitan, se puede definir que la red de sensores inalámbricos es factible de aplicar en el área seleccionada, tal como se detalla en este capítulo, de manera que se logre garantizar la detección de intrusos, evitar falsas alarmas durante la noche, asegurar ventanas y puertas de dicha instalación.



## CAPÍTULO IV

### 4. IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS

#### 4.1 Introducción

En el capítulo anterior se detalló como instalar los sensores y dispositivos técnicos que permiten la implementación de la seguridad del condominio, dispositivos estos que no funcionan por si solos, pues necesitan de equipamiento técnico que deben ser instalados, configurados y manipulados.

Este apartado se centrará en explicar la implementación y diseño de la red de sensores inalámbrico, de acuerdo a los estándares y normas internacionales de domótica antes explicadas.

#### 4.2 Modelo de funcionamiento

Las redes inalámbricas que utilizan la pila de protocolos ZigBee pueden desempeñarse utilizando dos modelos de funcionamiento diferente: con balizas y sin balizas.

El modelo de funcionamiento 'sin balizas' es el típicamente utilizado en los sistemas de seguridad inalámbricos, en los que contrariamente al modelo 'con balizas', cada dispositivo es autónomo y puede iniciar una transmisión en cualquier momento. Esta configuración les permite a los dispositivos permanecer prácticamente todo el tiempo en un estado 'dormido', y reaccionar ante un evento, por ejemplo la activación de un sensor, y transmitir la información inmediatamente al coordinador de la red (Coordinador ZigBee) que debe estar disponible todo el tiempo.

Al iniciar una transmisión, un nodo en la red ZigBee propuesta, presume que no ocurrirán colisiones de datos. La topología propuesta para la red, topología en estrella, establece que cada estación tiene su propia conexión con el coordinador central o router, lo que debe permitirle a los dispositivos finales

iniciar una transmisión inmediatamente después de que sea activado un evento, sin tener que escuchar el canal antes de comenzar la transmisión, lo que disminuye considerablemente el tiempo de respuesta general del sistema.

### 4.3 Configuración de los equipos

Los ajustes necesarios en cada dispositivo ZigBee no son complejos. Cada dispositivo debe ser configurado utilizando el firmware proporcionado por el fabricante específico para el rol que desempeñará dentro de la red.

Al conectar el dispositivo a un ordenador, a través de una conexión USB, automáticamente el ordenador detecta un nuevo puerto COM en el que se pueden configurar aspectos como la tasa de transferencia de datos, la cantidad de bits que se enviarán en cada mensaje, los bits que se utilizarán para delimitar los mensajes, etc.

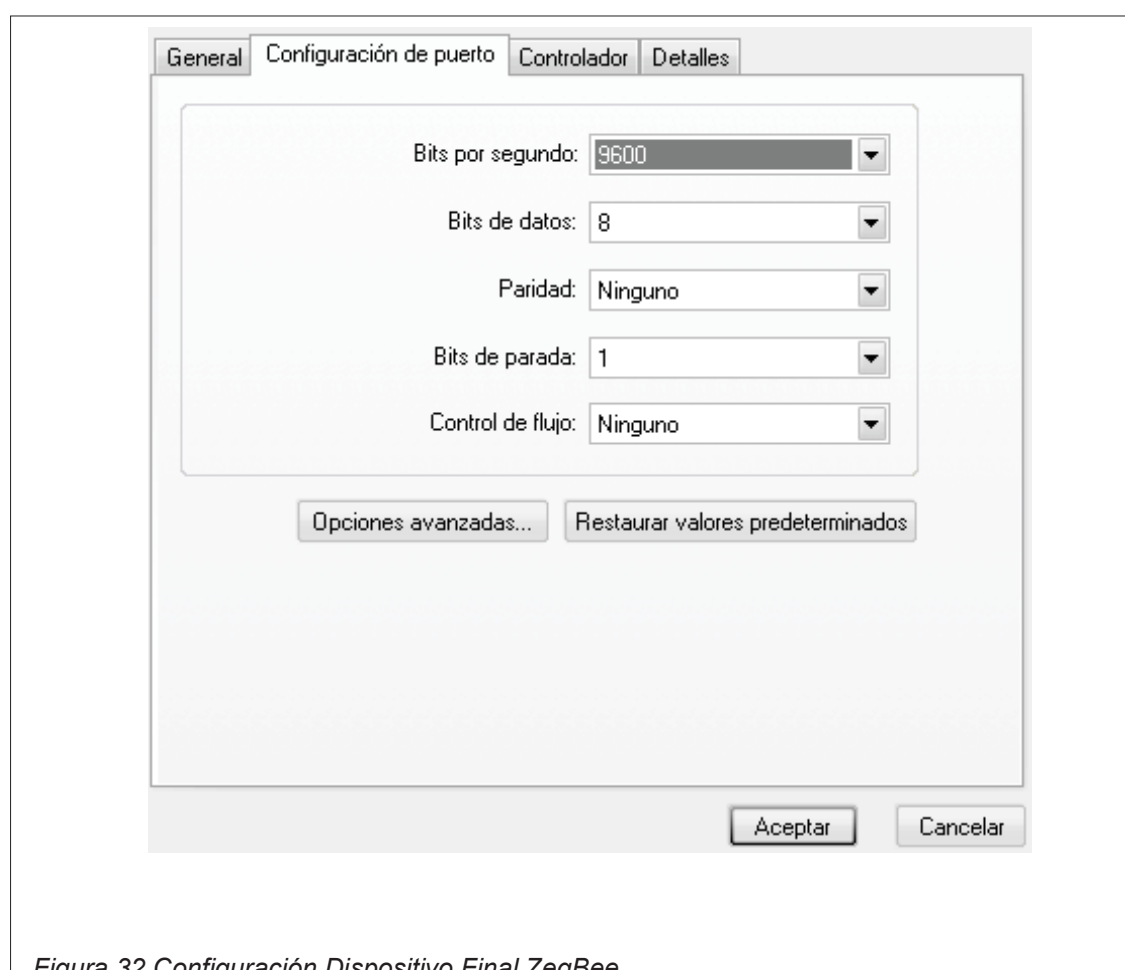


Figura 32. Configuración Dispositivo Final ZegBee.

La configuración del nodo coordinador o router de la red no difiere en gran medida de la instrucciones necesarias para configurar un dispositivo final, solo es necesario que todos los dispositivos utilicen el mismo identificador de red y que el coordinador pueda identificar y comunicarse con todos los dispositivos.

#### 4.4 Interfaz con el sensor

Una vez configurados los dispositivos y comprobada la comunicación entre ellos, con las utilidades que ofrece el firmware de cada nodo, es preciso determinar la interacción entre el módulo ZigBee y el sensor que tomará las medidas. Para ello se utilizará el kit de desarrollo de software BitCloud como se mencionó antes.

Atmel Studio es el entorno de desarrollo integrado utilizado para desarrollar aplicaciones con BitCloud.

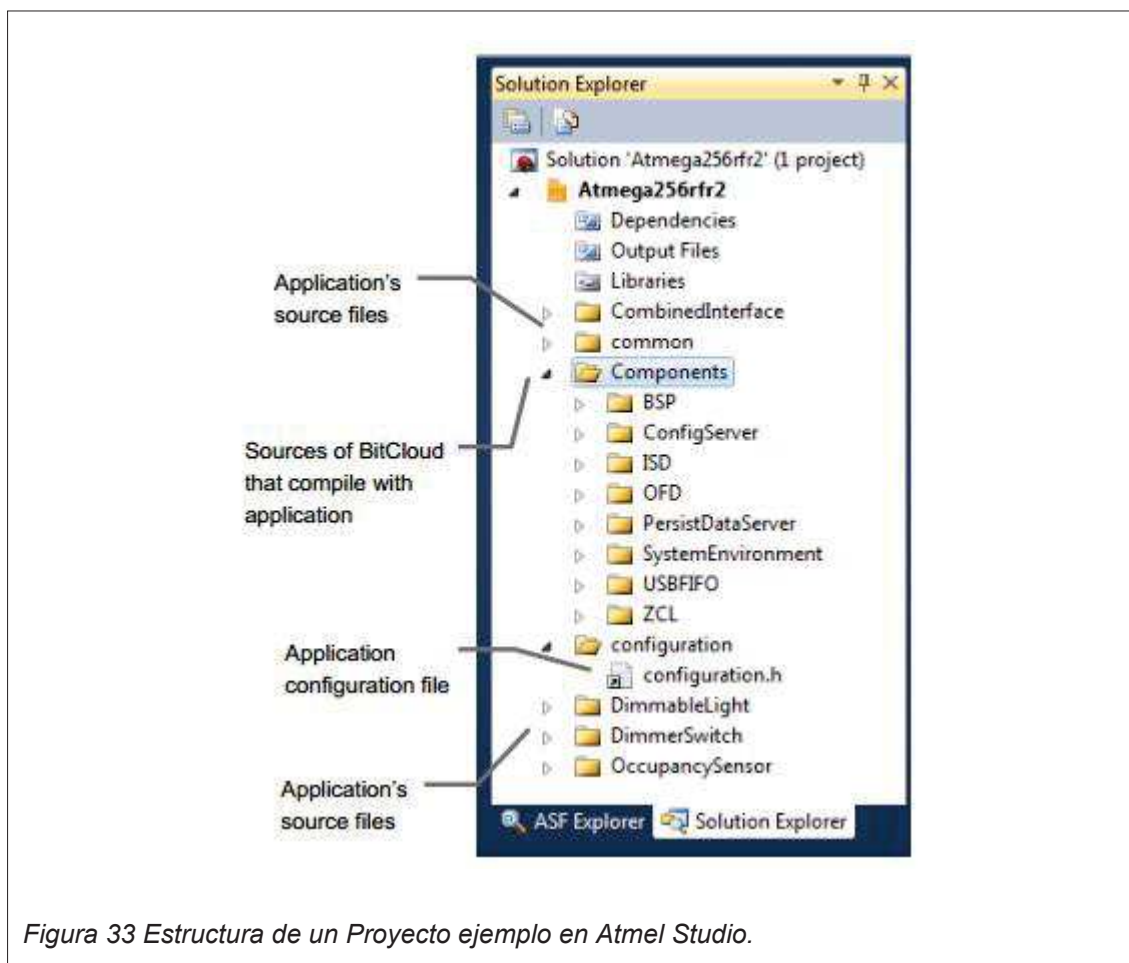
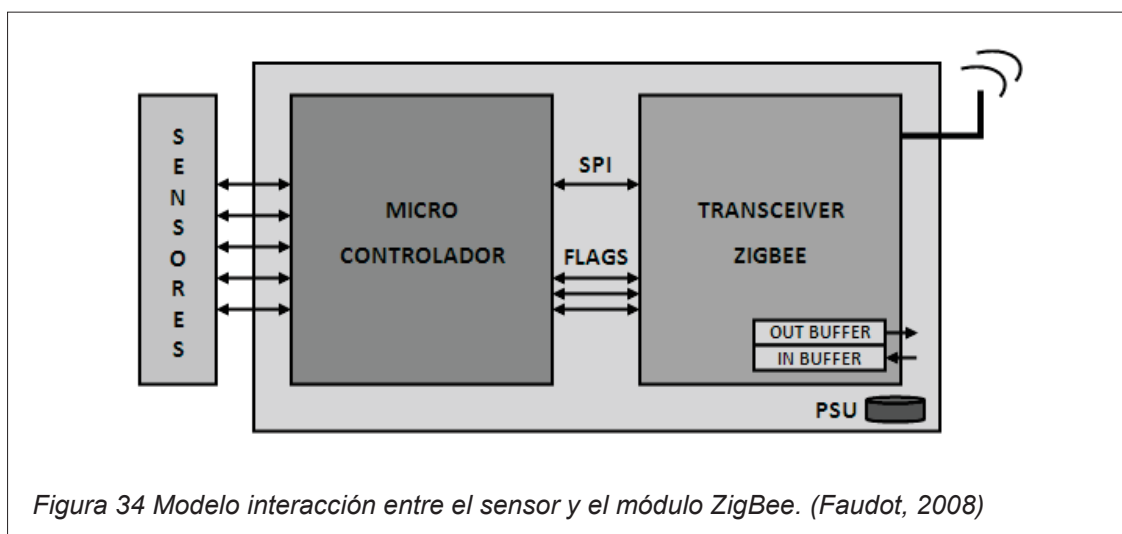


Figura 33 Estructura de un Proyecto ejemplo en Atmel Studio.

La adaptación entre el sensor y el módulo ZigBee con el rol de dispositivo final, es un aspecto clave en el funcionamiento de la solución. BitCloud ofrece numerosas bibliotecas para la interacción con interfaces estándares, entre las que cuentan las utilizadas por los sensores utilizados, por lo que en la mayoría de las ocasiones solo fueron necesarios pequeños cambios de configuración poco relevantes para establecer el método de comunicación entre el sensor y el módulo.



Los ajustes en el código incorporado a los módulos para garantizar la comunicación con los sensores y el utilizado para su interpretación y procesamiento en el nodo coordinador, no son relevantes al objetivo de esta investigación, por lo que no se ahondarán en más detalles con este respecto.

Baste mencionar que el flujo fundamental de los datos, en un caso base, será el descrito a continuación.

Cuando uno de los sensores detecta una perturbación en las magnitudes físicas que monitorea, envía una señal al módulo ZigBee al que está conectado, este a su vez reacciona pasando a un estado activo, presumiblemente el módulo se encontraría en un estado pasivo o en espera para minimizar su consumo de energía. Al activarse el módulo, envía los datos recibidos al coordinador al que está relacionado, que es el encargado de interpretar esta información y tomar las acciones pertinentes.

Este flujo básico podría variar en dependencia del tipo o comportamiento de los sensores, en algunos casos el módulo ZigBee debe esperar a que la perturbación del sensor se extienda por un lapso determinado de tiempo para evitar las falsas alarmas; o es posible que el coordinador espere una segunda o tercera alarma enviadas desde el mismo nodo y sensor de la red para aventurarse a tomar acciones.

Las acciones que tomará el coordinador al procesar la información recibida será determinada por el usuario, estas dependerán del entorno y condiciones en que se encuentren los dispositivos; así como las experiencias obtenidas por el usuario después de un tiempo de uso. Las reacciones del coordinador pueden variar desde enviar un mensaje de texto a un teléfono móvil a través de un ordenador, hasta la activación de una alarma sonora en la edificación.

#### **4.5 Conclusiones**

En el presente capítulo se describió la instalación, configuración y funcionamiento en forma detallada de cada dispositivo a utilizar de manera que facilite el control de las actividades que se realizan dentro del condominio Anabella con la finalidad de brindar seguridad a sus habitantes.

## CAPÍTULO V

### 5. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS IMPLEMENTADA EN EL CONDOMINIO ANNABELLA

#### 5.1 Introducción

El presente capítulo resume las herramientas utilizadas para la evaluación del funcionamiento de la solución, mediante simulación, y los resultados obtenidos.

#### 5.2 Simulación de comprobación de la Red de Sensores Inalámbricos

Con el objetivo de verificar la eficacia y rendimiento de la solución propuesta, y comprobar que los parámetros de funcionamiento de la red cumplen con los estándares establecidos para este tipo de solución; se resolvió utilizar un modelo simulado de la red de sensores inalámbricos diseñada para realizar estas pruebas.

VisualSense es un simulador que sirve como herramienta para comprobar la funcionalidad de las redes de sensores.

VisualSense es una plataforma específica para redes de sensores desarrollada en la universidad de Berkeley. (Gómez-Lobo, 2009)

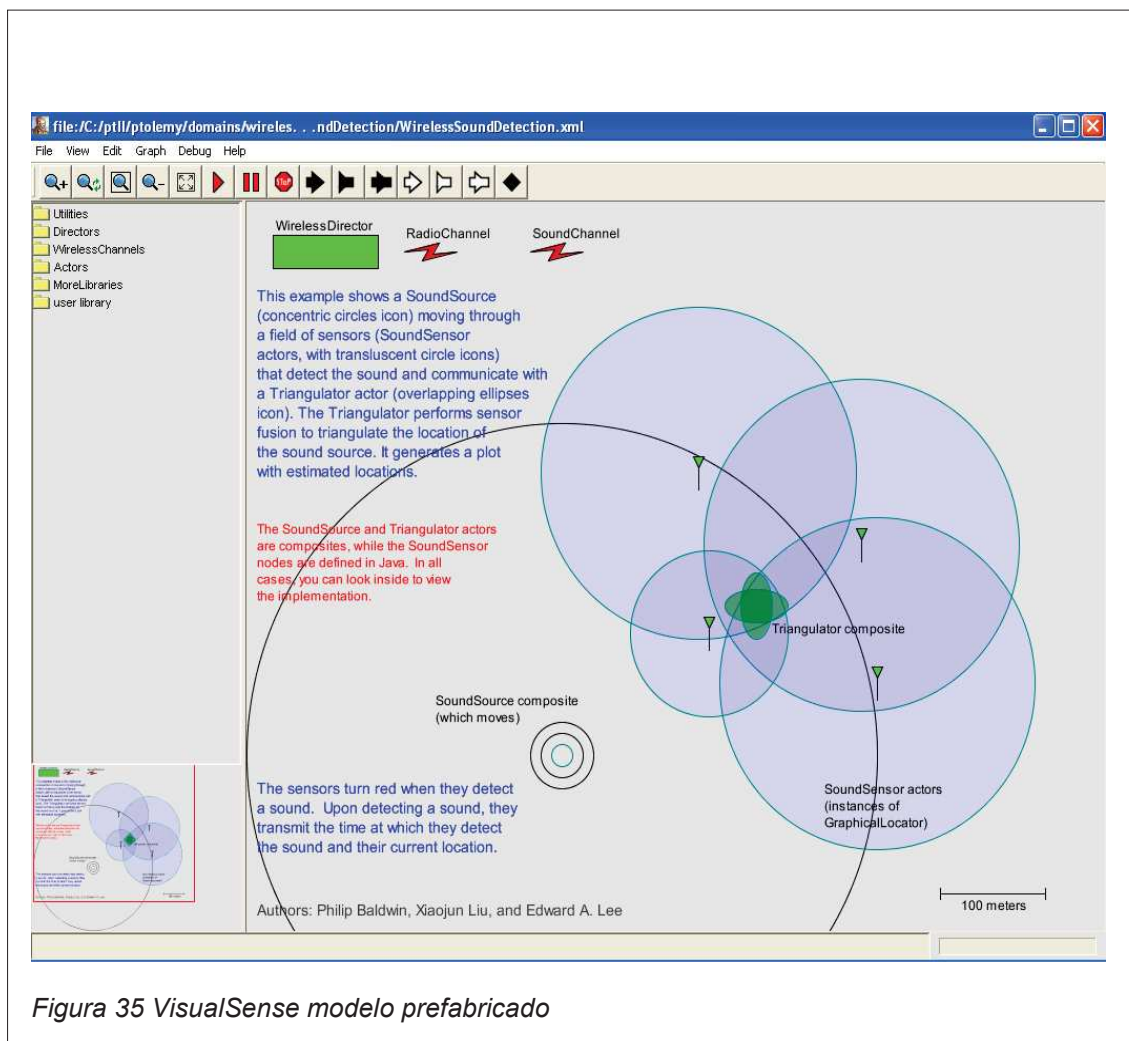
Las razones de la selección de esta herramienta entre las varias disponibles son las siguientes:

- Plataforma de código abierto.
- Permite el modelado visual de sistemas basados en redes inalámbricas y de sensores.
- Permite la evaluación en tiempo real y de forma concurrente de los elementos que conforman el sistema.
- Proporciona modelos de simulación básicos que pueden ser utilizados como base.

### 5.3 Evaluación del estándar y del protocolo

Los modelos de simulación básicos incluidos con la herramienta, abarcan situaciones generales que pueden ser adaptadas a entornos de ejecución específicos.

El uso de estos modelos facilito el diseño y ejecución de un modelo ajustado a la situación y parámetros de la solución propuesta.



La simulación permitio optimizar los componentes del diseño que no estaban desempeñandose dentro de los parametros permisibles, y reajustar los elementos que no se comportaban de la forma esperada.

Entre los parámetros que fue posible medir durante la simulación se encuentran los siguientes:

- Promedio de mensajes perdidos durante la transmisión.
- Consumo energético de los varios tipos de nodos de la red, en los diversos estados.
- Colisiones entre paquetes.

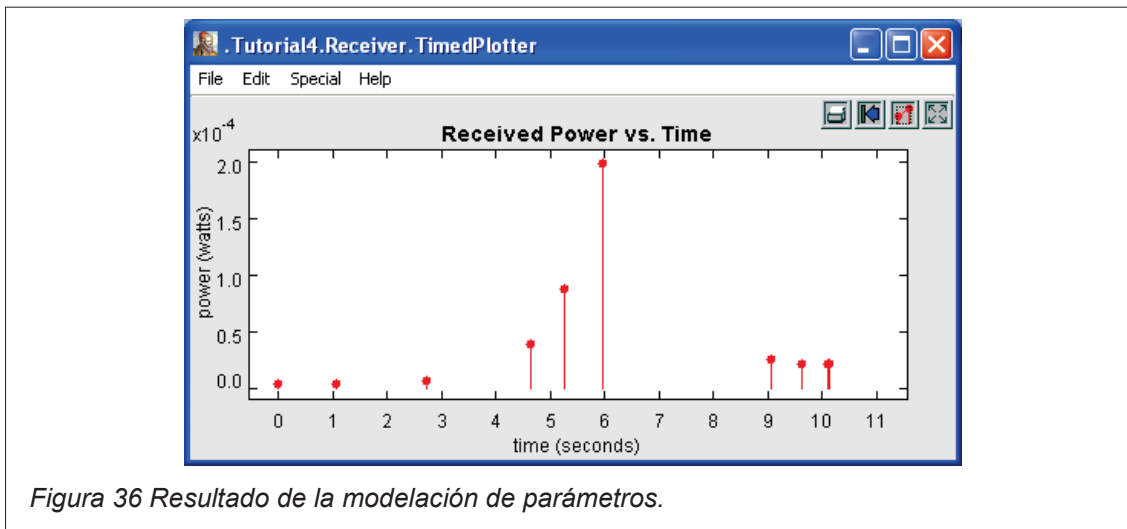


Figura 36 Resultado de la modelación de parámetros.

Luego del reajuste de los parámetros que mostraban un desempeño pobre y corrección de las fallas detectadas en el modelo; los resultados obtenidos se consideraran admisibles entre los estándares de la industria para este tipo de solución, descritos en capítulos anteriores.

## 5.4 Conclusiones

La simulación que se ha desarrollado aportó en la planificación y desarrollo de distintos escenarios de ejecución que debe enfrentar la solución, a la vez que constituyo una poderosa herramienta de depuración y pruebas. Concluida esta etapa, es posible afirmar que la solución está lista para ser desplegada en el entorno para la que fue diseñada.



## CONCLUSIONES

Dando cumplimiento al objetivo de esta investigación:

- En la realización del estudio de factibilidad del condominio Anabella se ha podido comprobar la deficiencia en la seguridad del área con impactos negativos para sus habitantes, que justifica la instalación de una red de sensores inalámbricos.
- El conocimiento histórico de las afectaciones del condominio Anabella hace relación a continuos ingresos de personas extrañas al área sin justificación alguna, incidiendo esto en acciones negativas en contra de los bienes de los miembros de este colectivo.
- Se identificó las áreas a controlar y los puntos donde se pueden ubicar los sensores inalámbricos de manera que disminuya o elimine los riesgos inherentes y facilite la detección de un acto doloso en contra de los bienes de la comunidad.
- En el desarrollo del diseño se utilizó tecnología de punta que convierta esta red en eficiente, duradera y eficaz, en el proceso de su labor; con la finalidad de brindar seguridad a los habitantes del condominio Anabella.
- Al llevar a cabo la implementación del proyecto se pudo comprobar su funcionamiento y utilidad por parte de los usuarios con respecto al mejoramiento de la seguridad existente.
- En el proceso de validación se comprobó por medio de la simulación la cual evidenció su pertinencia al disminuir el riesgo inherente y detectar actividades atípicas dentro del condominio Anabella.

## RECOMENDACIONES

- Monitorear probables o futuras áreas de control para ampliar el sistema de seguridad instalado.
- Realizar el mantenimiento periódico (cada seis meses) a los sensores, baterías, y demás equipos periféricos que facilitan el funcionamiento del sistema.
- Evaluar la eficiencia del sistema por medio de un monitoreo a los usuarios por parte del administrador.
- Optimizar el funcionamiento de los sensores en condiciones climáticas hostiles para disminuir la ocurrencia de falsos positivos.

## REFERENCIAS

- Areny, R. (1994). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Marcombo Boixareu.
- Association, K. (28 de Abril de 2014). *KNX International Site*. Obtenido de <http://www.knx.org/knx-en/index.php>
- Black, U. (1995). *Redes de Ordenadores: Protocolos, Normas e Interfaces*. Rama.
- BTICINO. (s.f.). *Sensores de presencia*.
- Cabezas Granado, L. M. (2010). *Redes Inalámbricas*. Anaya Multimedia.
- Day, J. y. (1983). *The OSI Reference Model*. Proc. of the IEEE.
- Díaz, P. y. (2003). *Transmisión de Datos y Redes de Computadores*. Pearson Prentice Hall.
- Domótica, C. d. (2012). *Guía de contenidos mínimos para la elaboración de un proyecto de domótica*. Colegio de Ingenieros Especialista de Córdoba.
- F., B. A. (2007). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones*. Mc Graw Hill.
- Faudot, I. B. (2008). *ZigBee aplicado a la transmisión de datos de sensores biomédicos*. Barcelona.
- García Teodoro, P., Díaz Verdejo, J. E., & López Soler, J. M. (2003). *Transmisión de Datos y la Red de Computadores*. Pearson, Pretice Hall.
- Gómez-Lobo, V. J. (2009). *Modelado para Simulación de Redes de Sensores Inalámbricas Predespliegue basado en VisualSense*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Grupo Edmans. (2009). *Redes Inalámbricas de Sensores: Teoría y Aplicación Práctica*. Editorial Universidad de la Rioja.
- Huidobro Moya, J. M. (2006). *Redes y Servicios de Telecomunicaciones*. Thomson Paraninfo.
- International, L. (2014). *LonMark International*. Obtenido de <http://www.lonmark.org/>
- Katz, M. (2013). *Redes y Seguridad*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Kazem Sohraby, D. M. (2007). *Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications*. John Wiley & Sons.

- Martínez, J. (2002). *Redes de comunicaciones*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Martínez, R. F. (2009). *Redes inalámbrica de sensores: teoría y aplicación práctica*. Editorial Universidad de la Rioja.
- Molina Robles, F. J. (2011). *Servicios de Red e Internet*. Ra-Ma.
- Stallings, W. (2003). *Comunicaciones y redes de computadoras*. Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras*. Pearson Educación.
- Vasquez, F. (8 de Enero de 2013). *Redes de Computadoras*. Obtenido de Medios de Comunicación Alámbricos e Inalámbricos: <http://franklinredes.blogspot.com/2013/01/medios-de-comunicacion-alambricos-e.html>
- Yahayra, D. (11 de Octubre de 2012). *Topología de redes*. Obtenido de [http://denieciita.blogspot.com/2012/10/topologia-de-redes\\_11.html](http://denieciita.blogspot.com/2012/10/topologia-de-redes_11.html)

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Siglas y Abreviaturas

**AVR** - Familia de microcontroladores RISC del fabricante estadounidense Atmel.

**Banda ISM** - bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica.

**ZigBee** – conjunto de protocolos de alto nivel para la comunicación inalámbrica.

**CMOS** – del inglés *Complementary metal-oxide-semiconductor*, Semiconductor Complementario de Óxido Metálico. Una de las familias lógicas empleadas en la fabricación de circuitos integrados.

**IEEE** – siglas en inglés de *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

**IP** – del inglés *Internet Protocol*, Protocolo de Internet.

**ISO** – del inglés *International Organization for Standardization*, Organización Internacional de Normalización.

**ISM** - del inglés *Industrial, Scientific and Medical*, ver Anexo 1 Banda ISM.

**LAN** – del inglés *Local Area Network*, Red de Área Local.

**MAN** – del inglés *Metropolitan Area Network*, Red de Área Metropolitana.

**OSI** – del inglés *Open System Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos.

**RF** - se denomina así a todo canal de transmisión inalámbrico.

**RISC** - el inglés *Reduced Instruction Set Computer*, Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas. Arquitectura computacional.

**TCP** – del inglés *Transmission Control Protocol*, Protocolo de Control de Transmisión.

**TIC** – Tecnologías de la Información y la Comunicación.

**WAN** – del inglés *Wide Area Network*, Red de Área Metropolitana.

**WLAN** – del inglés *Wireless Local Area Network*, Red de Área Local Inalámbrica.

**WSN** – del inglés *Wireless Sensor Networks*, Redes Inalámbricas de Sensores.

**ZC** – del inglés *ZigBee Coordinator*, Coordinador ZigBee.

**ZDO** – del inglés *ZigBee Device Objects*, Objetos de Dispositivo ZigBee.

**ZED** – del inglés *ZigBee End Device*, Dispositivo Final en ZigBee.

**ZR** – del inglés *ZigBee Router*, Router ZigBee.

## Anexo 2: Imágenes de las instalaciones

### Introducción

Este anexo recopila imágenes reales de las instalaciones donde se implementa la red.

### Vista ventana lateral

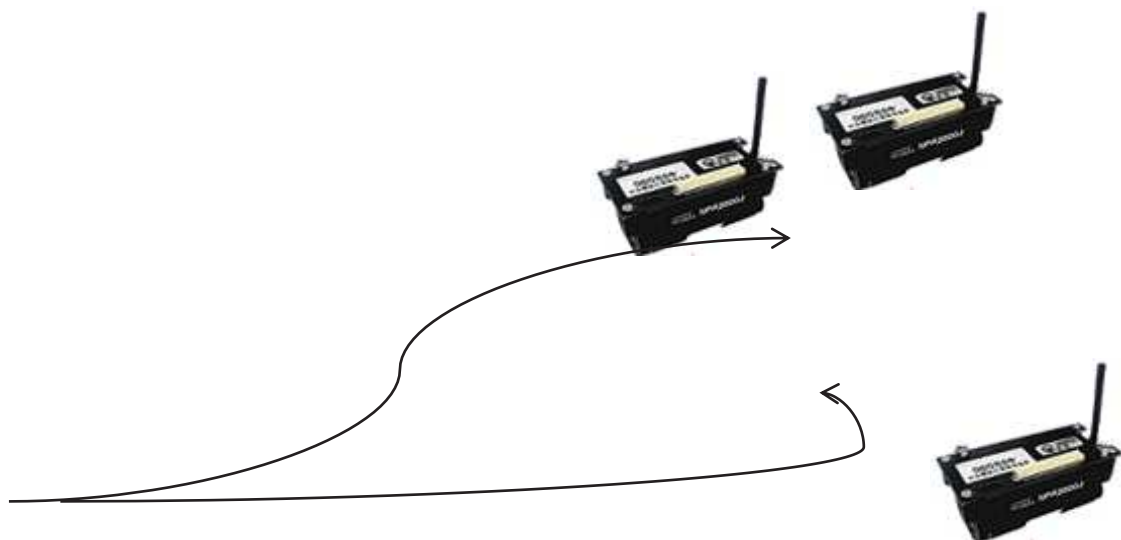






Ventana entrada principal





Vista ventana planta superior

