

**Universidad de Oriente**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

Diseño e implementación de redes Wi-Fi para el acceso a Internet en los hoteles de Islazul de la ciudad de Bayamo.

**Autor: Manuel Alejandro Espronceda Guevara.**

**Tutor: MSc. Juan García Pérez.**

**Santiago de Cuba**

**Junio de 2015**

**Universidad de Oriente**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
**Departamento de Telecomunicaciones**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

Diseño e implementación de redes Wi-Fi para el acceso a Internet en los hoteles de Islazul de la ciudad de Bayamo.

**Autor: Manuel Alejandro Espronceda Guevara.**

**Tutor: MSc. Juan García Pérez.**

Profesor del Departamento de Telecomunicaciones.

**Consultante: Ing. Pavel Lara Vázquez**

Especialista C en Telemática, DTGR, Bayamo.

**Santiago de Cuba**

**Junio de 2015**



## **COMPROMISO DEL AUTOR**

Hago constar que el presente trabajo de diploma es de mi autoría exclusivamente, no constituyendo copia de ningún trabajo realizado anteriormente y las fuentes usadas para la realización del trabajo se encuentran referidas en la bibliografía. Doy mi consentimiento a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización del Tutor o Institución.

---

Firma del Autor

## PENSAMIENTO

*“Se alcanza el éxito convirtiendo cada paso en una meta y cada meta en un paso.”*

*C.C.Cortéz*

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado especialmente a mi madre y a mis abuelos, que han sido los principales promotores de que este sueño sea realidad.*

*A mi novia por su paciencia, comprensión e incondicionalidad.*

*A mi padrastro y hermanos por su apoyo a lo largo de tantos años.*

*A toda mi familia...*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi madre, abuelos y a toda mi familia por su constancia,*

*A mi novia por su presencia,*

*A mis tutores Marelis Labrada, Pavel Lara y Juan García por el apoyo incondicional,*

*A mis amigos Jose, Javier y Víctor y todos aquellos con lo que compartí los cinco años de*

*la carrera,*

*A todos los profesores que desde la enseñanza primaria hasta la universidad contribuyeron*

*en mi formación como profesional,*

*A todos los que de una forma u otra contribuyeron en la realización de este trabajo,*

*Muchas gracias.*

## RESUMEN

Con la elaboración de este trabajo se realizó la propuesta e implementación de un servicio de conectividad a Internet mediante el empleo de la tecnología Wi-Fi, para los clientes de la cadena hotelera Islazul en Bayamo. Durante el desarrollo del mismo se analizaron las características de los principales estándares de redes inalámbricas, haciendo énfasis en la tecnología Wi-Fi. También se describieron, de manera general, los principales servicios que brinda la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba en torno al acceso inalámbrico a Internet en el país y en la provincia Granma, así como los equipos empleados en este tipo de conexión como son el Controlador de Acceso (AC) y los Puntos de Acceso (AP).

El hotel de la cadena Islazul escogido para realizar este trabajo fue el Sierra Maestra, del cual se brindó una descripción detallada de su infraestructura y servicios, con el objetivo de realizar un trabajo eficaz en el montaje de la red inalámbrica. Mediante la utilización del *software* InSSIDer V2.1 y del Ekahau HeatMapper, se justificó la adecuada instalación del equipamiento escogido para el montaje de la red, teniendo en cuenta las características de propagación y cobertura que ofrecen los mismos. Igualmente se elaboró una valoración económica del presupuesto utilizado, quedando demostrada la rentabilidad del proyecto.

**Palabras clave:** Wi-Fi, punto de acceso, controlador de acceso.

## *ABSTRACT*

With the elaboration of this study it was made the proposal and implementation of an Internet connectivity service by using Wi-Fi technology for customers of the Bayamo Islazul hotel chain. During its development there were analyzed the characteristics of the major wireless networking standards, emphasizing in Wi-Fi technology. There were also described, in general, the main services offered by the Telecommunications Company of Cuba regarding the wireless Internet access in the country and in the province of Granma, and the equipment used in this type of connection, such as the Access Control (AC) and Access Point (AP).

The Islazul chain hotel chosen for this work was the Sierra Maestra Hotel, of which is provided a detailed description of its infrastructure and services, in order to do an effective work in setting up the wireless network. By using the V1 software inSSIDER and Ekahau HeatMapper it was demonstrated the feasibility of using the chosen equipment for mounting the network. Also, an economic assessment of the budget used was carried out proving the feasibility of the project.

**Keywords:** Wi-Fi, access point, access control.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1 . GENERALIDADES DE LAS REDES INALÁMBRICAS.....	4
1.1 Introducción a las redes inalámbricas .....	4
1.2 Las redes inalámbricas y el espectro radioeléctrico.....	5
1.3 Tipos de redes inalámbricas.....	6
1.4 Topologías de redes inalámbricas .....	8
1.5 Estándares de redes inalámbricas.....	9
1.5.1 Estándar IEEE 802.15. ....	10
1.5.2 WiMAX. ....	11
1.5.3 Estándar IEEE 802.11 .....	12
1.6 Tecnología Wi-Fi .....	14
1.6.1 Modos de operación para redes Wi-Fi .....	15
1.6.2 Componentes de las redes Wi-Fi.....	18
1.6.3 Seguridad en redes Wi-Fi. ....	20
1.6.4 Comparación entre Bluetooth, Wi-Fi y WiMAX.....	24
1.6.5 Razones para el empleo de Wi-Fi. Ventajas, aplicaciones y desventajas. ....	25
CAPITULO 2 . DESCRIPCION DEL ACCESO A INTERNET MEDIANTE WI-FI EN LA PROVINCIA GRANMA.....	27
2.1 Generalidades de la infraestructura de telecomunicaciones en Cuba.....	27
2.2 Descripción de los principales servicios brindados por la red de ETECSA .....	27
2.2.1 Servicio IP/MPLS ( <i>Multiprotocol Label Switching</i> ).....	27
2.2.2 Servicio VPLS ( <i>Virtual Private LAN Service</i> ).....	28
2.2.3 Servicio de acceso a Internet en Granma .....	29
2.3 Capacidad y dimensionamiento de la red Wi-Fi .....	30
2.4 Propuestas para la conexión a Internet, mediante tecnología Wi-Fi, en los hoteles de Islazul de Bayamo .....	31
2.5 Descripción del topológico de la red propuesta hasta los Controladores de Acceso.....	34
2.6 Equipamiento empleado en la red de acceso de Granma para la conexión a Internet mediante Wi-Fi. ....	36
2.6.1 Características del <i>Router</i> Huawei NE 40-8.....	37
2.6.2 Características del CX 300 de Huawei.....	38

2.6.3 Características del Controlador de Acceso <i>BROWAN G-4200</i> .....	39
2.6.4 Características de los conmutadores-LAN ( <i>LAN-switch</i> ).....	40
2.7 <i>Software</i> para la gestión del equipamiento de redes Wi-Fi .....	40
CAPITULO 3 . IMPLMETACIÓN DE UNA RED WI-FI PARA EL ACCESO A INTERNET DESDE LOS HOTELES DE ISLAZUL EN BAYAMO .....	42
3.1 Breve descripción de la Cadena Hotelera Islazul .....	42
3.2 Caracterización del Hotel Sierra Maestra.....	43
3.2.1 Infraestructura del hotel Sierra Maestra .....	44
3.3 Conexión a Internet mediante Wi-Fi en el Hotel Sierra Maestra .....	46
3.3.1 Acceso de los usuarios al servicio.....	51
3.4 Análisis de cobertura .....	52
3.5 Despliegue del equipamiento en la instalación.....	57
3.6 Análisis económico.....	59
CONCLUSIONES .....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	65
ANEXOS.....	73

## INTRODUCCIÓN

El mundo de las telecomunicaciones y la informática desempeña un papel importante en el desarrollo económico y social de un país, este sector avanza y se moderniza a un ritmo acelerado, incluyéndose prácticamente en todas las esferas de la sociedad. Sin duda alguna, uno de sus más importantes avances ha sido la evolución de las redes de computadoras y con ello Internet, debido a que las redes permiten el acceso a información y a diversos servicios, la comunicación, socialización, la posibilidad de compartir recursos de hardware, etc.

En los últimos años se ha producido un alto crecimiento en el desarrollo y utilización de las tecnologías inalámbricas, que permiten la conexión a la red desde equipos como laptop, celulares y tabletas. Por red inalámbrica entendemos, una red que utiliza ondas electromagnéticas como medio de transmisión de la información, que viaja a través del canal inalámbrico enlazando los diferentes equipos o terminales móviles asociados a la red. Estos enlaces se implementan básicamente a través de tecnologías de microondas y de infrarrojos. En las redes tradicionales cableadas esta información viaja a través de cable coaxial, par trenzado o fibra óptica [1].

Las redes inalámbricas tienen entre sus ventajas que su implementación y mantenimiento son menos costosos que en las redes cableadas, se pueden instalar en lugares de difícil acceso, donde se hace imposible llegar a través de otros medios de transmisión, además dan a los usuarios la libertad de desplazamiento sin perder la conexión.

Estos sistemas inalámbricos no están para sustituir las tradicionales redes cableadas, sino más bien para complementarlas, su objetivo fundamental es el de proporcionar las facilidades no disponibles en los sistemas cableados y formar una red total donde coexistan los dos tipos de sistemas [1].

Entre los diferentes tipos de redes inalámbricas destaca el Wi-Fi o protocolo IEEE 802.11, que es un estándar o protocolo de comunicaciones de la IEEE, que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas físicas y enlace a datos), especificando sus normas de funcionamiento en una red de área local inalámbrica (WLAN) [2].

En Cuba se ha implementado la tecnología Wi-Fi en la mayoría de las provincias del país. La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) como operador de las

telecomunicaciones del país, ha tenido la responsabilidad de operar, mantener y desarrollar estos servicios, asociándose con clientes (cadenas hoteleras como Islazul y Gaviota) que a su vez se encargan de vender las tarjetas prepago para la navegación.

Las ventajas que aporta el Wi-Fi para la empresa y el país son muchas desde el punto de vista económico, ya que el mismo es de gran aceptación para los turistas, muchos de ellos solo acceden a hospedarse en los hoteles que cuentan con este servicio. Además la puesta en marcha del mismo es mucho más barata y sencilla.

### **Antecedentes del problema**

La provincia de Granma ha sido una de las últimas en poner en funcionamiento la tecnología Wi-Fi, la primera ocasión en que se brindó este servicio, fue de carácter eventual en el año 2013, durante la celebración del evento TURNAT en el hotel Sierra Maestra de Bayamo.

Las aspiraciones de ETECSA en este territorio son las de implementar este servicio de forma permanente en varios hoteles, aeropuertos y otros sitios de interés turístico de la provincia, teniendo en cuenta la pésima situación de conectividad a Internet existente en los mismos mediante el empleo de redes cableadas.

La poca experiencia del personal en esta área ha traído consigo demoras en la realización de este trabajo. Por lo que se hace preciso el estudio de las redes Wi-Fi, el diseño eficaz de una red de este tipo que permita la conexión de todos los sitios convenidos, estudiar las mejores variantes para su implementación y garantizar la calidad del servicio.

### **Problema a resolver**

Los hoteles de la cadena Islazul de la ciudad de Bayamo, carecen de una infraestructura adecuada para brindar servicio de acceso a Internet con calidad, a los clientes que los visitan.

### **Objeto de estudio**

La tecnología Wi-Fi.

### **Objetivo general**

Diseñar e implementar una propuesta de red inalámbrica, mediante Wi-Fi, que permita la conexión a Internet, desde los hoteles de la cadena Islazul en Bayamo.

### **Tareas de investigación:**

1. Estudio y caracterización de los principales estándares de redes inalámbricas.
2. Análisis de la situación actual del acceso a Internet mediante Wi-Fi en Cuba.

3. Caracterización del equipamiento empleado para el montaje de redes Wi-Fi.
4. Realización de un trabajo de campo, con el objetivo de obtener datos que indiquen la mejor ubicación de los puntos de acceso.
5. Elaboración del topológico de conexión.
6. Realización de estudios, mediante el empleo de herramientas especializadas, que permitan comprobar la calidad del servicio de navegación.

## CAPITULO 1 . GENERALIDADES DE LAS REDES INALÁMBRICAS

En el presente capítulo se muestran las principales características de las redes inalámbricas. Específicamente se presentan los estándares inalámbricos más conocidos actualmente, haciendo énfasis en la tecnología Wi-Fi, detallando las ventajas y aplicaciones que brinda para el diseño de redes de área local, empleadas principalmente en entornos empresariales. Además se describen las topologías, modos de operación y el equipamiento utilizado para el montaje de redes con dicha tecnología.

### 1.1 Introducción a las redes inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten la interconexión entre dos o más puntos, nodos o estaciones, por medio de ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio llevando información de un lugar a otro [3].

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión puede ser: las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite y los infrarrojos. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras:

- Ondas de radio: Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia, ya que se opera a frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF (*Extremely Low Frequency*) comprendida entre los 3 y los 30 Hz, hasta la UHF (*Ultra High Frequency*) que va de los 300 a los 3000 MHz, esto quiere decir que comprende el espectro radioeléctrico de 30Hz - 3 GHz [3].
- Microondas terrestres: se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se utilizan en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.
- Microondas por satélite: se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los

infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.

- Infrarrojos: se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz [3].

## 1.2 Las redes inalámbricas y el espectro radioeléctrico

Al igual que de una red cableada tradicional, se conocen las principales características del medio de transmisión que se emplea para el establecimiento de la conexión, resulta importante el conocimiento de las características del medio en que se propagan la señales inalámbricas. Una de estas características fundamentales es el espectro radioeléctrico y su conocimiento es fundamental a la hora de hablar de redes inalámbricas.

El espectro electromagnético se concibe como la dispersión de radiaciones diferenciadas entre sí por la frecuencia. El espectro radioeléctrico es un subconjunto del anterior y abarca todas las frecuencias capaces de ser emitidas por osciladores discretos [3].

Según la Unión Internacional de Radiocomunicaciones (UIT) el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial.

Por espectro radioeléctrico, la UIT define las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión, servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos [1]. Este no es un concepto estático, pues a medida que avanza la tecnología se aumentan (o disminuyen) rangos de frecuencia utilizados en comunicaciones, lo que corresponde al estado de avance tecnológico.

Ampliando el concepto de Espectro Radioeléctrico, puede decirse que es el medio o espacio por donde se propagan las ondas radioeléctricas, se trata de un conjunto de radiofrecuencias cuyo límite se fija convencionalmente por debajo de 3,000 GHz.

A continuación se muestra la tabla 1.1 con las denominaciones de las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico, especificando en la tabla 1.2 una lista de las denominaciones de las bandas en el rango de las microondas.

**Tabla 1.1:** Bandas de Frecuencia del Espectro Radioeléctrico. (Fuente: [5])

Nombre	Abreviatura	Frecuencias	Longitud de onda
Alta frecuencia	HF	3-30MHz	100m – 10m
Muy alta frecuencia	VHF	30-300MHz	10m – 1m
Ultra alta frecuencia	UHF	300-3000 MHz	1m – 100 mm
Súper alta frecuencia	SHF	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	30-300 GHz	10 mm – 1 mm

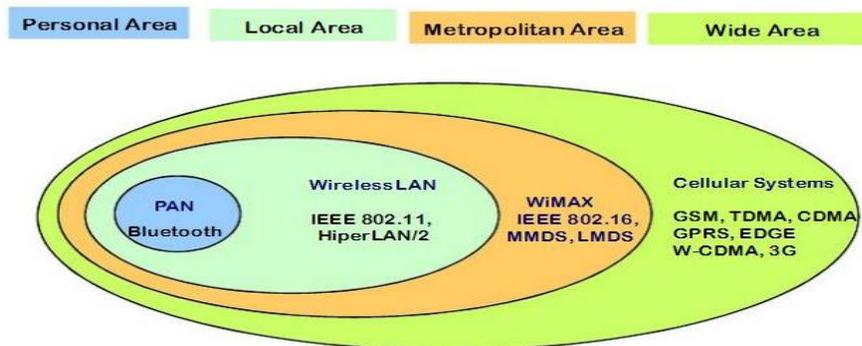
**Tabla 1.2:** Bandas de Frecuencia en el rango de las microondas. (Fuente: [5])

Banda	Frecuencias
L	1 – 2 GHz
S	2 – 4 GHz
C	4 – 8 GHz
X	8 – 4 GHz
Ku	12 – 18 GHz
K	18 – 27 GHz
Ka	27 – 40 GHz

### 1.3 Tipos de redes inalámbricas.

Al igual que las redes tradicionales cableadas, las redes inalámbricas se pueden clasificar, según su extensión, en cuatro grandes grupos o categorías [4]:

- WPAN (*Wireless Wide Area Network*)
- WLAN (*Wireless Local Area Network*)
- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*)
- WWAN (*Wireless Wide Area Network*)



**Fig.1.1** Clasificación de las redes inalámbricas. (Fuente: [4])

- WPAN (*Wireless Wide Area Network*)

Las redes inalámbricas de área personal poseen un alcance típico de unos cuantos metros, alrededor de los 10 m. La finalidad fundamental de estas redes es comunicar

cualquier dispositivo personal con sus periféricos, así como permitir una comunicación directa a corta distancia entre estos dispositivos. En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF, Bluetooth, ZigBee y RFID.

Los principales retos en este tipo de red, giran en torno a conseguir equipos con potencia extremadamente baja para evitar tener que recargar frecuentemente la batería y que a la vez sean de poco peso debido a que son portátiles y deben poder llevarse consigo para que la WPAN sea fiel a su concepción. Además debe resolver el problema de las interferencias y debe lograrse interoperabilidad entre los diferentes equipos que aparecen en la red [4].

- *WLAN (Wireless Local Area Network)*

Las redes inalámbricas de área local permiten la creación de redes locales sin cables, realizando la comunicación por ondas de radio. Estas redes comprenden hasta decenas de metros, encontrándose dentro de esta categoría IEEE 802.11x e HIPERLAN/2. Este tipo de redes se han convertido en un estándar como red inalámbrica doméstica y empresarial para compartir el acceso a Internet y recursos [5].

- *WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)*

Las redes inalámbricas de área metropolitana tienen un radio de acción mayor que el de las WLAN, del orden de varias decenas de kilómetros, lo suficiente para cubrir una población completa. Las WMAN pueden interconectar unas WLAN con otras.

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*-Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. Su uso es cada vez más extendido, sobre todo en zonas rurales o de difícil acceso donde no llegan ni ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) ni otros sistemas de acceso a Internet [6].

- *WWAN (Wireless Wide Area Network)*

Las redes inalámbricas de área extensa cubren regiones o países enteros, o incluso todo el planeta. Están formadas por la unión de otras redes de nivel inferior y combinan distintas tecnologías. Un ejemplo típico de WWAN son las redes de telefonía móvil o celular. En estas redes se encuentran tecnologías tales como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), GPRS (*General Packet Radio Service*), EDGE (*Enhanced Data Rates GSM of Evolution*), CDMA2000 (*Carrier Sense Multiple Access*) y GSM (*General Packet Radio Service*). Las conexiones por satélite también pueden pertenecer a este grupo [5].

### 1.4 Topologías de redes inalámbricas

La versatilidad y flexibilidad de las redes inalámbricas es el motivo por el cual la complejidad de una LAN implementada con esta tecnología sea tremendamente variable. Esta gran variedad de configuraciones ayuda a que este tipo de redes se adapte a casi cualquier necesidad. Toda red inalámbrica compleja está constituida por la combinación de uno más de los siguientes tipos de conexiones [7]:

- Punto a Punto.

Estos enlaces pueden usarse para extender su red a grandes distancias.

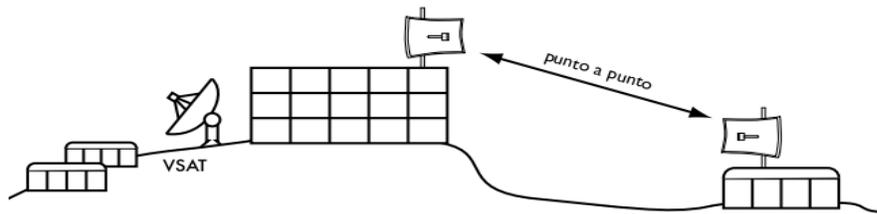


Fig.1.2 Enlace Punto a Punto. (Fuente: [7])

Una red punto a punto es el modelo más simple de red inalámbrica. En este tipo de enlaces se emplean habitualmente conexiones dedicadas de alto rendimiento o enlaces de interconexión de alta capacidad. Este tipo de enlaces son fáciles de instalar, pero resulta difícil crear con ellos una red grande [7].

Los enlaces punto a punto ofrecen el mayor caudal posible entre todas las configuraciones debido a que hay muy poca contienda por el uso del canal.

- Punto a Multipunto.

Cuando más de un nodo debe comunicarse con un punto central tenemos una red punto a multipunto [7].

En la figura 1.3 se muestra un ejemplo de un enlace punto a multipunto.

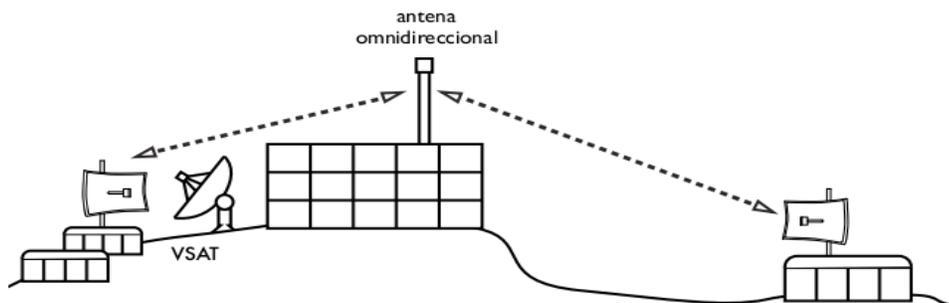


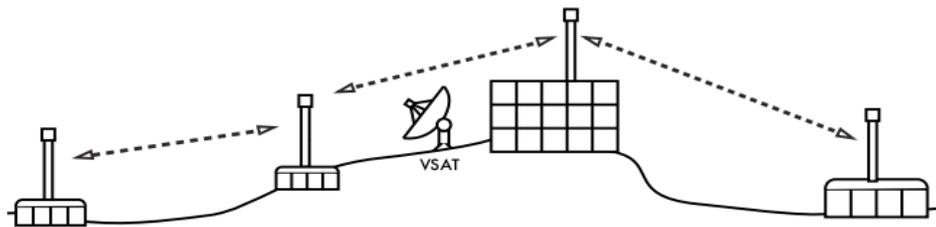
Fig. 1.3. Enlace Punto-a-Multipunto. (Fuente: [7])

La red punto a multipunto es la topología más común. El diseño de redes punto a multipunto es muy diferente del de las redes punto a punto, ya que no se puede simplemente reemplazar una antena parabólica por una omnidireccional. La transición de punto a punto a multipunto aumenta la complejidad, porque ahora se tienen múltiples nodos que compiten por los recursos de la red. El resultado neto es que el caudal total disminuye [8].

- Multipunto a Multipunto.

Cuando cada nodo de una red puede comunicarse con cualquier otro tenemos una red multipunto a multipunto, también conocida como red en malla o *ad hoc* [7].

En la siguiente figura se muestra una red multipunto a multipunto.



**Fig.1.4** Enlace Multipunto a Multipunto. (Fuente: [7])

Las redes multipunto a multipunto son más complejas, pero también más flexibles que las redes punto a multipunto. Una dificultad obvia de este tipo de topología son los conflictos relacionados con la selección del canal a utilizar, puesto que cada nodo se comunica con todos los demás, sólo se puede usar un canal en una malla dada. Esto reduce significativamente el caudal máximo posible.

Cada una de las topologías anteriores tiene sus ventajas e inconvenientes y deben ser aplicadas apropiadamente al problema que se desea resolver.

### 1.5 Estándares de redes inalámbricas.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) es una organización internacional sin fines de lucro, líder en el campo de la promoción de estándares internacionales, particularmente en el campo de las telecomunicaciones, la tecnología de información y la generación de energía. IEEE tiene en su haber 900 estándares activos y otros 400 en desarrollo.

Algunos de los productos del IEEE más conocidos son el grupo de estándares para redes LAN/MAN IEEE 802 que incluye el de Ethernet (IEEE 802.3) y el de redes inalámbricas (IEEE 802.11) [9].

### 1.5.1 Estándar IEEE 802.15.

La tecnología Bluetooth o estándar IEEE 802.15 como se conoce también, está pensada para eliminar los cables de interconexión entre los equipos y sus periféricos, eliminando la necesidad de los cables, siempre y cuando la distancia sea pequeña, dentro de lo que puede ser una habitación, un despacho o un automóvil por ejemplo.

Bluetooth es un estándar para establecer la comunicación mediante ondas de radio en un entorno reducido entre los dispositivos. El acceso por radio resulta realmente deseable, porque no sólo elimina la necesidad de emplear cables, sino que también ignora las restricciones de la línea de visión directa de otros sistemas como por ejemplo los que usan tecnologías infrarrojas. Este estándar logra el acceso por radio a bajo costo y establece un concepto totalmente nuevo, permitiendo la conectividad sin hilos de componentes y equipos.

Bluetooth se puede definir como una propuesta de especificación de radiofrecuencia para transmisión de datos a corto alcance, pudiendo transmitir a través de objetos sólidos no metálicos [10].

En la siguiente tabla se muestran las principales especificaciones del estándar 802.15 o Bluetooth.

**Tabla 1.3** Especificaciones generales de Bluetooth. (Fuente: [10])

Banda de frecuencia	2.4 GHz
Potencia del transmisor	1mW (0 dbm)
Tecnología RF	Espectro Ensanchado por Salto en Frecuencia(FSSS)
Velocidad de datos	721 Kbps por picorred
Rango esperado del sistema	10 metros, extensión a 100 metros
Número máx. de dispositivos	8 por picorred y 10 picorred en el área de cobertura
Número máx. De canales de voz	3 por picorred
Número máx. de canales de datos	7 por picorred
Seguridad	Si, en la capa de enlace
Alimentación	2.7 voltios

Tamaño del modulo	9x9 mm
Interferencias	Minimiza las interferencias al emplear saltos rápidos en frecuencia de 1600 saltos por segundos.

### 1.5.2 WiMAX.

La tecnología WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) es un estándar de redes inalámbricas que trata la interoperabilidad de los productos basados en el estándar IEEE 802.16. WiMAX ofrece más alcance y ancho de banda que la familia de estándares de Wi-Fi y ofrece una alternativa a las instalaciones *backhaul* por cable y a la última milla, aparte de ofrecer áreas de cobertura extensas [11].

WiMAX está pensado para proporcionar radios de 50 km con velocidades de 70 Mbps.

Una red WiMAX se puede emplear para brindar acceso inalámbrico a una zona amplia en la que se despliegan redes Wi-Fi, solucionando así la dificultad del acceso del último tramo hasta el domicilio del usuario [12].

Este estándar presenta varias ventajas que giran fundamentalmente entorno a la dimensión tecnológica así como a los precios, puesto que los costes de las estaciones base son considerablemente más bajos en comparación con sistemas como LMDS y MMDS. Asimismo WiMAX puede transmitir sin mucha latencia que es el principal problema de las tecnologías basadas en satélites, en las que las transmisiones de voz y video se ven afectadas.

Existen varios estándares en WiMAX. En la siguiente tabla se relacionan los más conocidos [11]:

**Tabla 1.4** Estándares WiMAX. (Fuente: [11])

Estándar WiMAX	Aprobado	Frecuencia	Finalidad
IEEE802.16	Diciembre de 2001	10 - 66 GHz	_
IEEE 802.16 a	Enero de 2003	2 - 11 GHz	Banda ancha fija
IEEE 802.16 - 2004	Junio de 2004	2 - 66 GHz	Soporte para usuarios
IEEE 802.16 - 2005	Diciembre de 2005	2 - 6 GHz	Añadir movilidad

Entre otras ventajas de WiMAX encontramos:

- Brinda mayor productividad a rangos más distantes.
- Presenta anchos de banda flexibles que permiten usar espectros licenciados y exentos de licencia.

- Es independiente de protocolo, es decir, puede transportar IP, Ethernet, ATM, TDM, T1/E1 y otros.
- Opera tanto en bandas bajo licencia (2.4GHz y 3.5GHz) como en bandas libres (5.8GHz, 8GHz y 10.5GHz)
- Instalación de estaciones base sencilla y económica en relación con otros tipos de tecnologías como LMDS y MMDS.

### 1.5.3 Estándar IEEE 802.11

El IEEE 802.11 puede considerarse para “Ethernet inalámbrica”. El estándar original IEEE 802.11 lanzado en 1997 especifica CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance* - Acceso Múltiple por Detección de Portadora/Limitación de Colisiones) como método de acceso al medio, parecido al utilizado por Ethernet. Todas las enmiendas del IEEE 802.11 son basadas en el mismo método de acceso. IEEE 802.11 especifica tasas de datos de 1 y 2 Mbps, transmitidas vía infrarrojo (IR) o 2.4GHz [1]. Emplea como técnica de modulación DSSS.

A continuación se relacionan las principales especificaciones realizadas sobre el estándar 802.11 y que constituyen parte fundamental dentro de la tecnología de redes inalámbricas.

#### IEEE 802.11 b

IEEE 802.11b incluye mejoras del estándar original 802.11 para el soporte de tasas de transmisión más elevadas (5,5 y 11 Mbit/s). IEEE 802.11b usa el mismo método de acceso y la misma técnica DSSS definidas en el estándar IEEE 802.11 original.

Un dispositivo basado en IEEE 802.11b puede transmitir hasta 11 Mbit/s, y reducirá automáticamente su tasa de transmisión cuando el receptor empiece a detectar errores, sea debido a la interferencia o a la atenuación del canal, cayendo a 5,5 Mbit/s, después a 2, hasta llegar a 1 Mbit/s, cuando el canal sea muy ruidoso. Las tasas de transmisiones de datos mas bajas son menos sensibles a la interferencia y a la atenuación puesto que utilizan un método más redundante para codificar los datos (las exigencias de relación de señal y ruido son menos exigentes a tasas de transferencias de datos más bajas) [13].

#### IEEE 802.11 a

El estándar 802.11 a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*), una técnica de modulación que permite una tasa de transmisión

máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s.

Usando la selección adaptativa de velocidad, la tasa de datos cae a 48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbit/s a medida que se experimentan dificultades en la recepción. 802.11 a tiene 12 canales sin solapamiento, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto.

Como desventaja presenta que no puede interoperar con equipos del estándar 802.11 b, porque usan bandas de frecuencia distintas, pero existen equipos que trabajan con ambos estándares (2 radios).

Hoy en día, 802.11 a no ha alcanzado la difusión que tiene el 802.11b, por haber llegado más tarde al mercado. La banda de 5 GHz no está disponible en todos los países aunque está aumentando el número de administraciones que la permiten [4].

### **IEEE 802.11 g**

En junio de 2003, se ratificó una tercera enmienda al estándar 802.11 con la denominación de IEEE 802.11 g y funciona en la misma banda del 802.11b.

802.11g usa la misma técnica de modulación que el 802.11a (OFDM) por lo tanto funciona con una tasa máxima de transferencia de datos de 54 Mbit/s. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del nuevo estándar lo tomó el hacer compatibles ambos modelos. Sin embargo, en redes bajo el estándar 802.11 g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión. La interoperabilidad 802.11 g con 802.11 b es una de las razones principales de su masiva aceptación [12].

Sin embargo, sufre el mismo problema en 802.11 b con respecto a interferencia (demasiados puntos de acceso urbanos) puesto que funcionan en la misma banda de frecuencia. Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta medio vatio, que permite hacer comunicaciones de más de 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados para la amplificación.

Existe una variante llamada 802.11g+ capaz de alcanzar los 108 Mbps de tasa de transferencia. Generalmente sólo funciona en equipos del mismo fabricante ya que utiliza protocolos propietarios [11].

### **IEEE 802.11 n**

El estándar 802.11 n fue ratificado por la organización IEEE en septiembre de 2009. Posee una velocidad teórica de 600 Mbps en capa física alcanzándose en la actualidad

una velocidad real de hasta 300 Mbps. El estándar hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 GHz y 5 GHz. El estándar 802.11 n utiliza algunas nuevas tecnologías y toma algunas características de otras ya existentes para alcanzar mayor velocidad y alcance. Entre las más destacadas se encuentran MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*), “*Channel Bonding*” (unión o emparejamiento de canales) y “*Payload Optimization*” (agregación de paquete).

Una de las principales ventajas de 802.11 n es que ofrece compatibilidad para los dispositivos que utilizan versiones anteriores, aunque esto añade una sobrecarga significativa para cualquier intercambio, lo que reduce la capacidad de transferencia de datos. En vista de las características asociadas con compatibilidad, hay tres modos en los que un punto de acceso 802.11n puede operar:

- *Legacy* (sólo 802.11 a, b, y g)
- Mezclado (ambos 802.11 a, b, g, y n)
- *Greenfield* (sólo 802.11 n), el máximo rendimiento.

Mediante la implementación de estos modos, 802.11n es capaz de proporcionar compatibilidad completa, manteniendo las velocidades de datos más altas [6]. En la siguiente tabla se muestra una comparación entre los estándares de 802.11 anteriormente relacionados.

**Tabla 1.5** Comparación entre los estándares 802.11

Estándar	Frecuencia	Técnica de Modulación	Tasa de transmisión nominal	Descripción
<b>802.11 a</b>	5 GHz	OFDM	54 Mbps	8 Canales no solapados. No ofrece QoS.
<b>802.11 b</b>	2.4 GHz	DSSS, CCK	11 Mbps	14 canales solapados
<b>802.11 g</b>	2.4 GHz	OFDM, CCK, DSSS	54 Mbps	14 canales solapados. Compatibilidad con el 802.11b
<b>802.11 n</b>	2.4 GHz	OFDM	360/540? Mbps	Mejora los estándares anteriores agregando MIMO que aprovecha transmisores múltiples para aumentar el rendimiento mediante multiplexación espacial.

## 1.6 Tecnología Wi-Fi

Wi-Fi es una “marca” de la WiFi Alliance, organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local. En otras palabras, una red Wi-Fi es una red que adhiera al estándar IEEE 802.11 [11].



Fig.1.5 Logo de Wi-Fi

En la actualidad Wi-Fi certifica un conjunto de estándares de la familia IEEE 802.11, es decir, existen varios tipos de Wi-Fi, basado cada uno de ellos en un estándar aprobado de IEEE 802.11. Los estándares certificados por Wi-Fi se muestran en la tabla 1.5.

Tabla 1.6 Estándares certificados por Wi-Fi. (Fuente: [11])

Estándar	Año de certificación
802.11 a	1999
802.11 b	1999
802.11 g	2003
802.11 n	2009

### 1.6.1 Modos de operación para redes Wi-Fi

No siempre, los modos se ven reflejados directamente en la topología, de modo tal que un enlace punto a punto puede ser implementado en modo *ad hoc* o infraestructura, al igual que puede existir una red en estrella construida por conexiones *ad hoc*. El modo puede ser visto como la configuración individual de la tarjeta inalámbrica de un nodo, más que como una característica de toda una infraestructura [14].

El conjunto de estándares 802.11 definen dos modos fundamentales:

- *Ad hoc*
- Infraestructura

#### Modo *ad hoc*

Es un tipo de red inalámbrica descentralizada. La red es *ad hoc* porque no depende de una infraestructura preexistente, como *routers* en redes cableadas o de puntos de accesos en redes inalámbricas administradas.

El modo *ad hoc*, también conocido como punto a punto, es un método para que los clientes inalámbricos puedan establecer una comunicación directa entre sí. Al permitir que los clientes inalámbricos operen en modo *ad hoc*, no es necesario involucrar un punto de

acceso central, normalmente está conformada por un pequeño grupo de dispositivos dispuestos cerca unos de otros [15].

Las redes *ad hoc* presentan cambios de topología. Estos cambios son frecuentes debido a su movilidad. Estas características impiden la utilización de protocolos de encaminamiento [7].

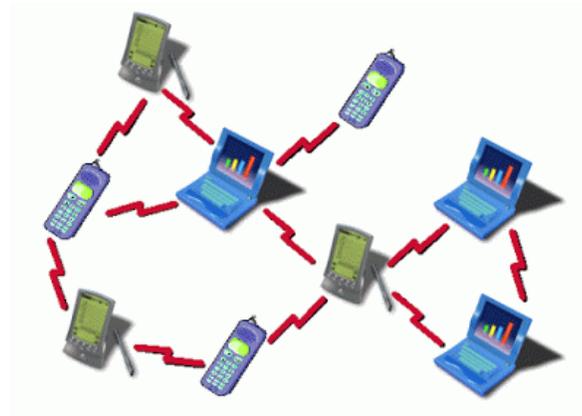


Fig.1.6 Red Ad Hoc. (Fuente: [5])

### Modo infraestructura

Contrario al modo *ad hoc* donde no hay un elemento central, en el modo de infraestructura hay un elemento de “coordinación”: un punto de acceso o estación base. Si el punto de acceso se conecta a una red Ethernet cableada, los clientes inalámbricos pueden acceder a la red fija a través del punto de acceso. Para interconectar muchos puntos de acceso y clientes inalámbricos, todos deben configurarse con el mismo SSID [7].

En redes IEEE 802.11 el modo de infraestructura es conocido como Conjunto de Servicios Básicos (BSS – *Basic Service Set*). También se conoce como Maestro y Cliente.

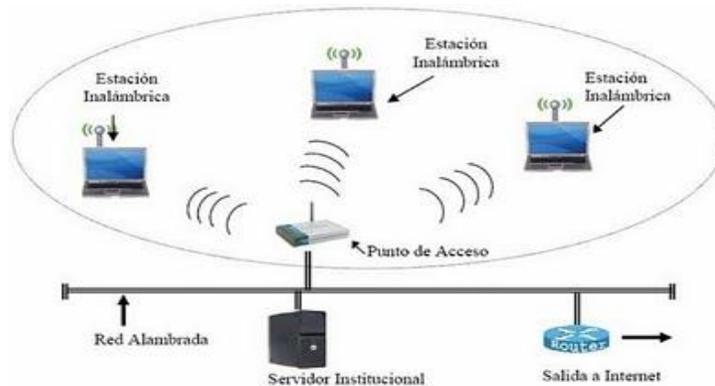


Fig.1.7 Topología Infraestructura. (Fuente: [5])

Tipos de topología de infraestructura:

- Estrella: La topología de estrella es la infraestructura más común en redes inalámbricas. Es la tecnología típicamente usada para un “hotspot” (punto de conexión a Internet), por ejemplo en aeropuertos o telecentros. Esta topología es la disposición típica de un WISP (*Wireless Internet Service Provider*). A menudo este tipo de redes se combina en árboles o con elementos de otras topologías.
- Punto a Punto: Los enlaces punto a punto son un elemento estándar de la infraestructura inalámbrica. A nivel de topología estos pueden ser parte de una topología de estrella, de una simple línea entre dos puntos u otra topología. Un enlace punto a punto puede establecerse en modo ad hoc o infraestructura.
- Repetidores: El uso de repetidores se hace necesario generalmente cuando existen obstrucciones en la línea de vista directa o hay una distancia muy larga para un solo enlace. En una red cableada, el dispositivo equivalente a un repetidor inalámbrico es un concentrador (*hub*). La unidad repetidora puede consistir en uno o dos dispositivos físicos y tener uno o dos radios. Un repetidor también puede ser visto como un cliente que cumple funciones de receptor y un punto de acceso de retransmisión. Normalmente, el SSID debería ser el mismo para las tres unidades. A menudo, además del SSID, los repetidores están enlazados a una dirección MAC.
- Malla: La topología de malla es una opción interesante principalmente en ambientes urbanos, aunque también en áreas remotas donde es difícil implementar una infraestructura central. Esta topología se encuentra típicamente en redes municipales, campus universitarios y vecindarios. Todos los nodos de una malla deben tener el mismo software de enrutamiento de malla (protocolo), pero pueden tener diferentes sistemas operativos y diferentes tipos de hardware.

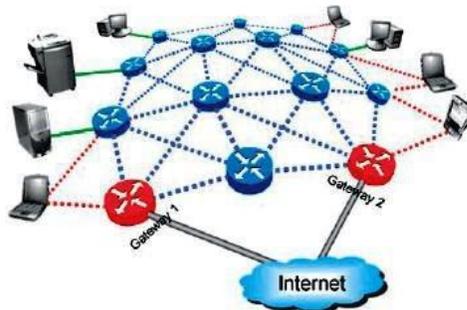


Fig. 1.8 Red inalámbrica con topología infraestructura mallada. (Fuente: [5])

### 1.6.2 Componentes de las redes Wi-Fi.

La mayoría de las redes Wi-Fi están compuestas por los elementos que a continuación se relacionan:

- **Punto de acceso**

Un punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: *Wireless Access Point*) en redes de computadoras es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica. Normalmente un WAP también puede conectarse a una red cableada, y puede transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red cableada y los dispositivos inalámbricos [12].



**Fig.1.9** Punto de acceso Wi-Fi de tres antenas.

- **Router**

Un "router" es un dispositivo de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa tres (nivel de red) del modelo OSI. Este dispositivo interconecta segmentos de red o redes enteras y hace pasar paquetes de datos entre redes tomando como base la información de la capa de red.

El "router" toma decisiones lógicas con respecto a la mejor ruta para el envío de datos a través de una red interconectada y luego dirige los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados. Sus decisiones se basan en diversos parámetros [12].

- **Antenas**

Las antenas se emplean en aquellas ocasiones en que las distancias entre los usuarios sea tal que se imposibilite la transmisión por falta de potencia de la señal. Normalmente el tipo de antena a utilizar se elige según la topología de los puntos a unir. Por ejemplo para una topología punto a punto utilizaremos una antena direccional que concentre la potencia en un determinado sentido. Para una topología Punto-Multipunto utilizaremos una Antena Omnidireccional en el centro geográfico de la red y antenas direccionales apuntando a este centro en los puntos circundantes.

- **Cliente inalámbrico**

Un cliente inalámbrico (*wireless*) es un sistema que se comunica con un punto de acceso o directamente con otro cliente inalámbrico. Generalmente los clientes inalámbricos sólo poseen un dispositivo de red: la tarjeta de red inalámbrica.

- **Tarjetas inalámbricas**

Son dispositivos que se instalan al lado del usuario inalámbrico de la red. La tarjeta de red inalámbrica puede ser de distintos modelos en función de la conexión necesaria a la computadora [7]:

**Tarjeta PCMCIA**

Fue un tipo de interfaz muy utilizado en ordenadores portátiles, hasta el desarrollo de otras interfaces como la USB. En un principio la mayor parte de estas solo eran capaces de llegar hasta la tecnología del IEEE 802.11 b, actualmente ya existen tarjetas PCMCIA con tecnología IEEE 802.11 n. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una tarjeta PCMCIA.



**Fig.1.10** Tarjeta PCMCIA.

**Tarjeta PCI**

Las tarjetas PCI (*Peripheral Component Interconnect-Interconexión de Componentes Periféricos*) para Wi-Fi se agregan a las computadoras de sobremesa, permiten un acceso muy eficiente, la única desventaja de este tipo de tarjeta es que requiere abrir la computadora. En la figura se muestran ejemplos de tarjetas PCI.



**Fig.1.11** Tarjeta PCI

### Tarjetas USB para Wi-Fi

Son el tipo de tarjetas más moderno que existe y más sencillo para conectar a una PC, ya sea de sobremesa o portátil, haciendo uso de todas las ventajas que tiene la tecnología USB, además la mayor parte de las tarjetas USB actuales permiten utilizar la tecnología 802.11 g de WiFi, incluso algunas ya ofrecen la posibilidad de utilizar la tecnología 802.11n.



Fig.1.12 Tarjetas USB.

### 1.6.3 Seguridad en redes Wi-Fi.

La NSTISSI (*National Security Telecommunications and Information Systems Security Instruction*) define el concepto de seguridad informática como: la protección de los sistemas de información contra el acceso no autorizado o la modificación de la información, ya sea en el medio de almacenaje, procesamiento o tránsito, y contra la negación de servicio a los usuarios autorizados, o la provisión de servicio a usuarios no autorizados, incluyendo las medidas necesarias para detectar, documentar y contabilizar esas amenazas [16].

El acceso sin necesidad de cables es la principal razón que hace tan populares a las redes inalámbricas, pero es a la vez el problema más grande de este tipo de redes en cuanto a seguridad se refiere. Transmitir datos a través de las ondas de radio implica amenazas adicionales para la seguridad que demandan medidas extraordinarias por encima de la seguridad existente que debe estar instalada. Puesto que la mayor parte de los equipos inalámbricos están provistos de características de seguridad incorporadas, es posible implantar alta seguridad sin ningún gasto adicional.

Las redes inalámbricas son cómodas para que un atacante acceda de forma anónima, de modo que estas redes ofrecen una vía para violar la privacidad de los usuarios del servicio. En estas redes resulta relativamente fácil realizar un análisis de la misma. Además los usuarios pueden conectarse a redes que se encuentren abiertas (dentro del

área de cobertura) ya sea por confusión o voluntariamente lo cual puede ser muy peligroso para la seguridad de las organizaciones.

### **Mecanismos para proporcionar seguridad.**

A pesar de la vulnerabilidad que poseen este tipo de redes, se han desarrollado algunos mecanismos para proporcionar seguridad en las mismas, entre ellos se encuentran los siguientes:

- **Filtrado por direcciones MAC**

Consiste en suministrar a cada AP un listado de direcciones MAC, de los equipos que están autorizados a conectarse a la red. De esta manera los equipos ajenos a esta lista serán rechazados. En muchos de los casos generalmente la dirección MAC no se transmite encriptada, y obviamente puede ser capturada por un *hacker*. Existen programas en Internet que permiten “imitar” y cambiar esta dirección MAC de modo que si esta es capturada, toda la seguridad del sistema queda desarticulada. La dirección MAC es una característica del hardware (no del usuario), si un hardware (PC, PDA, USB, etc.) se pierde o es robado, el que lo posea podrá tener libre acceso a la red inalámbrica pues pasaría el control del filtro. Estas son las principales desventajas de este método y las razones que provocan que no sea un mecanismo óptimo de seguridad [17].

- **WEP (Wired Equivalent Privacy)**

Procedimiento mediante el cual todas las comunicaciones establecidas por la red se encuentran cifradas con una clave compartida para todos los usuarios, que se emplea tanto para cifrar como para descifrar los mensajes enviados. Para proteger los datos, WEP utiliza el código RC4, el cual es un chorro simétrico de cifrado y usa un chorro de bits como clave de cifrado. Esta clave se combina con el mensaje para formar la información cifrada enviada por el transmisor. Para recuperar el mensaje original el receptor procesa la información cifrada con una clave de cifrado idéntica a la utilizada por el transmisor [18].

En este caso, el acceso a dichas redes, se complica un poco, pero basta con usar algún programa “*sniffer*”, para supervisar la red y sacar la clave que se está empleando para cifrar los datos.

Con la aparición de estos problemas en la fundación de WEP, surgió la necesidad de desarrollar normas de seguridad mejoradas. Fortalecer protocolos criptográficos seguros es trabajo difícil, sin embargo se buscaron soluciones con 802.11i, que especifica dos

protocolos de seguridad nuevos: TKIP (Protocolo de Claves Integradas Temporales) y CCMP (*Counter Mode with CBC-MAC Protocol*).

- **TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*)**

El protocolo TKIP fue llamado inicialmente como “WEP2”, pues retiene la arquitectura básica y la operación de WEP, pero con claves nuevas y mecanismos de chequeo de integridad para ofrecer garantía suplementaria. Incorpora varias características nuevas de protocolo para defender los puntos débiles de WEP en contra del ataque y añade cinturones de seguridad alrededor de las proposiciones más vulnerables de WEP como: clave jerárquica y clave de administración automática, asignación de claves por partes en el mensaje, contador de secuencias numeradas de las partes en que se cifra el mensaje, comprobación de integridad del mensaje y contramedidas en caso de fallas en la comprobación de la integridad del mensaje [19].

- **CCMP**

El nombre de CCMP proviene de la utilización del bloque de cifra en el modo contador con CBC-MAC (CCM). Este protocolo es complementario de TKIP y representa un nuevo método de encriptación basado en AES (*Advanced Encryption Standards*). Es un modo de operación combinado, en el cual la misma clave es utilizada en la encriptación para la confidencialidad así como para formar un valor comprobador de la seguridad integrada criptográficamente [16].

- **WAP (*Wireless Application Protocol*)**

Es un estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas, por ejemplo: acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil. Basándose en las preocupaciones de seguridad en el mercado, la Alianza de Wi-Fi trabajó para acelerar el despliegue de TKIP proponiendo una norma del mercadeo interina llamado WPA, basado en el tercer proyecto de 802.11i (a mediados del 2003). WPA2 es la versión 2 que constituye el examen final de 802.11i, estandarizado a mediados del 2004.

El WPA (primera fase del estándar IEEE 802.11i) fue aprobado en abril de 2003. Desde diciembre de 2003 fue declarado obligatorio por la Alianza Wi-Fi. Esto quiere decir que todo AP inalámbrico que haya sido certificado a partir de esa fecha, ya debe soportar “nativamente” WPA. Existen 2 versiones de WPA, una “*home*” o “*Personal*” que es para uso casero y otra más robusta denominada “*Enterprise*”; esta no viene activada por

defecto y debe ser activada durante la configuración. Los AP antiguos “emparchados” o actualizados de WEP a WPA se vuelven más lentos, por lo que a costa de un aumento de la seguridad se produce una disminución el rendimiento [20].

- **WPA2 (*Wi-Fi Protected Access 2*)**

Es un sistema para proteger las redes inalámbricas (Wi-Fi), creado para corregir las vulnerabilidades detectadas en WPA. WPA2 no se basa en un parche temporal sobre el algoritmo RC4, sino que utiliza el algoritmo de encriptación AES recomendado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, de los más fuertes y difíciles de crackear en la actualidad. Este algoritmo de encriptación requiere de un hardware más robusto, por lo tanto los puntos de acceso antiguos no se pueden utilizar con WPA2. WPA2 es requisito obligatorio para todos los productos Wi-Fi desde Marzo de 2006 [20].

- **VPN (*Virtual Private Network*)**

Las VPN son una herramienta diseñada para proteger las comunicaciones. Las VPN crean un túnel criptográfico entre dos puntos. La encriptación se realiza mediante el protocolo IPsec de la IETF (*Internet Engineering Task Force*). VPN se difundió cuando se comenzó a tomar conciencia de la debilidad de la seguridad Wi-Fi debido a las carencias del protocolo WEP. Se basa fundamentalmente en “tirar” un túnel entre el cliente de la red inalámbrica Wi-Fi y el servidor. De esta manera queda protegida la conexión con IPsec que es un método de encriptación robusta [11].

- **Estándar IEEE 802.1x**

Es un estándar de seguridad en redes que se basa en el control de acceso a puertos. Constituye la columna vertebral de la seguridad Wi-Fi y es imprescindible y muy recomendable su utilización en toda la red empresarial que pretenda lograr una seguridad robusta. Este estándar introduce importantes cambios en el esquema de seguridad Wi-Fi entre los que se encuentran [21]:

- Se necesita autenticar a los usuarios antes de conectarse a una red inalámbrica Wi-Fi.
- La autenticación se realiza mediante un servidor de tipo RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*).
- La autenticación se realiza con un protocolo conocido como EAP (*Extensible Authentication Protocol*).

El estándar IEEE 802.1x introduce algunos cambios importantes con respecto a otros modelos. En el esquema de IEEE 802.1x, se autentica a los usuarios y no al dispositivo.

La otra diferencia importante es que con IEEE 802.1x, los puntos de acceso no pueden autorizar a nadie a acceder a la red. Para la función de autorización se utiliza un servidor RADIUS.

En IEEE 802.1x el puerto no se abre y no se permite la conexión hasta que el usuario esté autenticado. El estándar define tres elementos:

**Servidor de autenticación:** Generalmente es un servidor RADIUS, es el que verifica las credenciales de los usuarios.

**Autenticador:** Es el dispositivo que recibe la información del usuario y la traslada al servidor de autenticación (esta función la cumple el punto de acceso).

**Suplicante:** Es una aplicación “cliente” que suministra la información de las credenciales del usuario al Autenticador.

#### 1.6.4 Comparación entre Bluetooth, Wi-Fi y WiMAX.

La siguiente tabla muestra una comparación entre los estándares anteriormente relacionados especificando las principales características o parámetros de cada uno y los aspectos que ayudan a valorar cuál de estas tecnologías resulta más eficiente para el tipo de red que se desea implementar en cada caso.

**Tabla1.7** Comparación entre Bluetooth, Wi-Fi y WiMAX.

Tecnología \ Parámetros	Bluetooth	Wi-Fi	WiMAX
Velocidad	720 Kbps – 1Mbps	11- 54 Mbps	70- 124 Mbps
Frecuencias de trabajo	2,4 GHz	2,4 – 5 GHz	2,4 – 5 GHz
Área de cobertura	10 – 30 metros	100 metros	50 kilómetros
Técnica de modulación	FHSS	DSSS,	OFDM
Movilidad	Baja movilidad	Baja	Estática o vehicular
Aplicaciones	Transmisión de dispositivo a dispositivo	Redes inalámbricas de área local	Transmisión de voz y datos en tiempo real

### **1.6.5 Razones para el empleo de Wi-Fi. Ventajas, aplicaciones y desventajas.**

Las redes Wi-Fi poseen una amplia gama de ventajas y de aplicaciones, que las hacen ser una importante herramienta en los casos en que se desea instalar redes inalámbricas de área local, para entornos empresariales. Entre las múltiples ventajas que poseen se destacan [22].

- No es necesario el uso de cables.
- Movilidad, facilidad de instalación, flexibilidad y escalabilidad.
- Permite el uso múltiple de la red por varios usuarios al mismo tiempo.
- La Wi-Fi Alliance asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wi-Fi es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología con una compatibilidad total.

Las aplicaciones que brinda la tecnología Wi-Fi actualmente son múltiples, entre estas destacan la implementación de redes de área local en edificios históricos, de difícil acceso y en general en entornos donde la solución cableada es inviable. El acceso a la información mientras el usuario se encuentra en movimiento, solución requerida en hospitales, fábricas, almacenes, etc. Además se pueden emplear como redes locales para situaciones de emergencia o congestión de la red cableada [1].

Todas estas razones vuelven a las redes Wi-Fi la solución idónea para aquellos casos en que la solución cableada resulta inviable ya sea por razones arquitectónicas o simplemente por encontrarse en un entorno donde resulta menos sencilla su implementación. Las redes Wi-Fi son además una solución más rentable y menos costosa si se tiene en cuentas las facilidades en torno a la movilidad que pueden tener los usuarios que a ella se conecten, además de no tenerse que invertir presupuesto en concepto de terminal para la conexión a la red, ya que este debe ser provisto por el usuario al cual se le ofrece el servicio.

Los hoteles aparecen como potenciales utilizadores del Wi-Fi, ya que esta tecnología en un hotel aparece como un valor añadido que ofrecer a sus clientes, pues posibilita la conexión a Internet inalámbrica desde las habitaciones y espacios comunes. Se trata de un servicio que cada día se incorpora más a la oferta hotelera, y que puede llegar a ser diferenciador a la hora de contratar un hotel.

A pesar de estas razones, Wi-Fi presentan los problemas intrínsecos de toda tecnología inalámbrica. Las desventajas más significativas que este tipo de red pueden presentar son [18]:

- La señal puede bloquearse o presentar interferencias, lo que puede conllevar a fallas en la conexión.
- Es vulnerable a los ataques de usuarios ajenos y en ocasiones resulta fácil el hackeo de las seguridades.
- Distancia limitada para la recepción de la señal.
- El consumo de electricidad es bastante alto comparado con otros estándares, haciendo la vida de la batería corta.
- El sistema Wi-Fi tiene una menor velocidad en comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- Esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, UMTS y otros.

### **Conclusiones del Capítulo**

En el desarrollo de este capítulo se abordaron temas necesarios para comprender la importancia y el alcance de las redes inalámbricas, haciendo énfasis en Wi-Fi, como su principal exponente. Además se expusieron los principales estándares, componentes, modos de trabajo y protocolos de seguridad de esta tecnología. Igualmente se mostraron las ventajas de empleo de la tecnología Wi-Fi en entornos empresariales como es el caso de los hoteles en cuestión, quedando demostrada la factibilidad de este servicio en comparación con otras alternativas de conectividad a Internet, como son las redes cableadas.

## **CAPITULO 2 . DESCRIPCION DEL ACCESO A INTERNET MEDIANTE WI-FI EN LA PROVINCIA GRANMA.**

En el desarrollo de este capítulo se realiza el diseño del modelo de conexión puesto en práctica en la ciudad de Bayamo, para la implementación del acceso a Internet mediante redes Wi-Fi, describiendo de forma general las características del equipamiento a utilizar para dar solución al problema planteado: diseñar e implementar una red Wi-Fi en los principales hoteles de Bayamo. Se explican las dos variantes de comercialización de servicios inalámbricos ofertados por ETECSA y distintos modos de empleo del equipamiento para diseñar el topológico de conexión, así como la situación en la que se encuentra el servicio de acceso a Internet en la provincia de Granma.

### **2.1 Generalidades de la infraestructura de telecomunicaciones en Cuba**

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), tiene en su objeto social la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, entre ellos el servicio de acceso a Internet. En la actualidad la empresa constituye el principal proveedor de estos servicios y maneja el total de la infraestructura de telecomunicaciones en el país.

Los *backbone* que interconectan los principales nodos para la transmisión de datos son ATM, *Frame Relay* e IP/MPLS. Este último se espera absorba todos los servicios existentes en el primero.

A través de la red IP/MPLS se brinda a los clientes, los servicios de implementación de VPN (*Virtual Private Network*) y VPLS (*Virtual Private LAN Services*) a nivel de red (capa 3 del modelo OSI).

### **2.2 Descripción de los principales servicios brindados por la red de ETECSA**

A continuación se hace una descripción de los servicios que brinda ETECSA a través de su red.

#### **2.2.1 Servicio IP/MPLS (*Multiprotocol Label Switching*)**

MPLS son las siglas de *Multiprotocol Label Switching*, es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet) y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Está diseñado para operar sobre cualquier tecnología en el nivel de enlace, facilitando así la migración a las redes ópticas de próxima generación, basadas en infraestructuras SDH/SONET y DWDM [23].

MPLS está reemplazando rápidamente a *Frame Relay* y ATM como la tecnología preferida para llevar datos de alta velocidad y voz digital en una sola conexión. No sólo

proporciona una mayor fiabilidad y un mayor rendimiento, sino que a menudo puede reducir los costos generales mediante una mayor eficiencia de la red. Su capacidad para dar prioridad a los paquetes que transportan tráfico de voz hace que sea la solución perfecta para llevar las llamadas VoIP.

La tecnología MPLS ofrece un servicio orientado a la conexión es decir que: mantiene un estado de la comunicación entre dos nodos y mantiene circuitos virtuales. Introduce una serie de mejoras entre las que se encuentran: redes privadas virtuales (VPN), ingeniería de tráfico y mecanismos de protección frente a fallos.

MPLS sirve para administrar la calidad de servicio al definir 5 clases de servicios, conocidos como CoS [23]:

- Video. La clase de servicio para transportar video tiene un nivel de prioridad más alto que las clases de servicio para datos.
- Voz. La clase de servicio para transportar voz tiene un nivel de prioridad equivalente al de video, es decir, más alto que las clases de servicio para datos.
- Datos de alta prioridad (D1). Ésta es la clase de servicio con el nivel de prioridad más alto para datos. Se utiliza particularmente para aplicaciones que son críticas en cuanto a necesidad de rendimiento, disponibilidad y ancho de banda.
- Datos de prioridad (D2). Esta clase de servicio se relaciona con aplicaciones que no son críticas y que tienen requisitos particulares en cuanto a ancho de banda.
- Los datos no prioritarios (D3) representan la clase de servicio de prioridad más baja.

Elementos que componen una red MPLS:

- LER (*Label Edge Router*): elemento que inicia o termina el túnel (pone y quita cabeceras).
- LSR (*Label Switching Router*): elemento que conmuta etiquetas.
- LSP (*Label Switched Path*): nombre genérico de un camino MPLS (para cierto tráfico o FEC).
- LDP (*Label Distribution Protocol*): un protocolo para la distribución de etiquetas MPLS entre los equipos de la red.
- FEC (*Forwarding Equivalence Class*): nombre que se le da al tráfico que se encamina bajo una etiqueta.

### **2.2.2 Servicio VPLS (*Virtual Private LAN Service*)**

Servicio de LAN privada virtual, VPLS, siglas de *Virtual Private LAN Service*, también conocido como servicio de LAN transparente (TLS, del inglés, *Transparent LAN Service*),

es una VPN punto a multipunto de capa dos que permite conectar múltiples sitios de usuario, a través de la simulación de una red de área local (LAN). Todos los sitios del cliente pertenecientes a una entidad VPLS parecen estar en la misma LAN, sin importar sus localizaciones, tal y como si estuvieran interconectadas a través de un gran conmutador Ethernet [24].

VPLS se basa en el reenvío de tramas Ethernet. La red del proveedor de servicios, por tanto, puede reenviar la información basándose solamente en sus direcciones MAC o teniendo en cuenta además las etiquetas de LAN virtual (*Virtual LAN Tag*, según su denominación en inglés).

### 2.2.3 Servicio de acceso a Internet en Granma

En Granma existen un total de 7 salas de navegación, que brindan la posibilidad de acceso a Internet a la población, con un precio de 4.50 CUC por hora. Este servicio tiene gran demanda a pesar de su costo. En los hoteles de Bayamo, la navegación en Internet es una prestación que se ofrece a los huéspedes en cibercafés con un costo de 8 CUC la hora. Teniendo en cuenta la alta demanda de este servicio, la dirección territorial de ETECSA en Granma, decidió buscar una nueva forma de comercializar el mismo, haciéndolo masivo y con mayor accesibilidad por parte de los usuarios. La mejor forma de lograr ese objetivo, es implementando una infraestructura para la utilización de redes inalámbricas.

ETECSA brinda un servicio de acceso a Internet con tecnología inalámbrica mediante un modelo de asociación con clientes del sector hotelero. En dicha asociación la empresa se encarga de proveer solución tecnológica y de conectividad y el *partner* hotelero vende las tarjetas prepago. La Empresa ofrece dos variantes de negocio:

**Variante A:** ETECSA provee e instala el enlace, ofrece el equipamiento e instala la WLAN garantizando su mantenimiento, proporciona las tarjetas para la navegación, y gestiona la autenticación. ETECSA no cobra el enlace. Se le da al *partner* comisión del 20 % de la venta de tarjetas. Se cobra cuota de 15 CUC por AP y 15 CUC por AC instalados.

**Variante B:** ETECSA provee e instala el enlace. El *partner* asume la provisión del equipamiento, así como su instalación y mantenimiento. ETECSA provee las tarjetas para la navegación, y gestiona la autenticación. ETECSA no cobra el enlace. Se le da al *partner* comisión del 20 % de la venta de tarjetas. Si la empresa provee parte equipamiento se cobrará la cuota mensual establecida: 15 CUC por AP instalados, 15 CUC por AC.

En la mayoría de las provincias del país ya se han implementado redes Wi-Fi, utilizando estas variantes y se ha brindado el servicio en muchos hoteles de las cadenas Gaviota e Islazul.

Los hoteles del municipio Bayamo en los que se brindará el servicio de navegación en Internet mediante Wi-Fi, pertenecen a la cadena Islazul, y se inclinan por utilizar la Variante A.

### 2.3 Capacidad y dimensionamiento de la red Wi-Fi

Con el objetivo de realizar una adecuada proyección del sistema a implementar, se procedió a efectuar el análisis de la capacidad y el dimensionamiento de la red inalámbrica.

Para establecer la capacidad del sistema se tuvo en cuenta como elemento fundamental que los hoteles de la cadena Islazul en cuestión han sido sede de la realización de eventos locales, nacionales e internacionales, teniendo que hospedar en los mismos una gran cantidad de personal. Como ejemplo de ello encontramos principalmente al Hotel Sierra Maestra que por ser la instalación más grande del municipio Bayamo ha acogido buena parte de dichos eventos.

Con el estudio de esta situación se llegó a la conclusión de que el sistema propuesto debe brindar como promedio capacidad a 50 usuarios concurrentes, para lo cual se tuvo en cuenta además, el hecho de que un posible crecimiento de las redes de cada uno de los hoteles, no afectara el rendimiento de los equipos involucrados en la prestación del servicio.

Una consideración importante a tener en cuenta es que como promedio, los puntos de acceso del proveedor *BROWAN* ofrecen conectividad a 25 usuarios de manera simultánea, entonces se tiene que como promedio para el establecimiento de los enlaces en los hoteles se necesitan como mínimo 2 AP.

Si a esto añadimos que con el empleo del estándar 802.11g se logra que los puntos de acceso ofrezcan una velocidad máxima de 54 Mbps pero una velocidad real de aproximadamente 22 Mbps, entonces se obtiene que:

$$\begin{aligned}V_{\text{usuario}} &= V_{\text{realAP}}/n^{\circ}\text{estimado usuariosAP} \\V_{\text{usuario}} &= 22\text{Mbps}/25\text{usuarios} \\V_{\text{usuario}} &= 900\text{kbps}\end{aligned}\tag{2.1}$$

Los cálculos anteriores fueron realizados para el peor caso existente, considerando 25 usuarios conectados al mismo tiempo, lo cual hace que la realidad sea más optimista al aumentarse el ancho de banda gracias al factor de simultaneidad. El resultado obtenido muestra que para un tráfico estimado de 25 usuarios por punto de acceso, la red brinda una tasa de transferencia de datos óptima, de acuerdo las necesidades para la navegación en Internet.

A pesar de estas consideraciones hay que tener en cuenta las características tecnológicas en las que vive nuestro país en la actualidad, que limitan en gran medida el desarrollo de este tipo de tecnologías y de otros servicios brindados por ETECSA.

En Granma ETECSA brinda servicio de acceso a Internet a una buena cantidad de usuarios, por lo que el ancho de banda asignado a la provincia para dichas funciones, debe ser compartido también entre otros tipos de servicios como la telefonía móvil, servicios multimedia, etc. Esto trae consigo que la capacidad del enlace para el establecimiento del servicio de acceso a Internet mediante Wi-Fi para los hoteles de Islazul se vea limitada no por la velocidad que brinda del tipo de estándar Wi-Fi a emplear (22Mbps en el caso de 802.11g), sino por la distribución del ancho de banda que realiza ETECSA, que decidió asignar en este caso para dicho enlace 12,5 Mbps.

Teniendo en cuenta estos requerimientos entonces se tiene que:

$$V_{\text{usuario}} = V_{\text{real enlace}} / n^{\circ} \text{estimado usuarios AP} \quad (2.2)$$

$$V_{\text{usuario}} = 12,5 \text{ Mbps} / 25 \text{ usuarios}$$

$$V_{\text{usuario}} = 512 \text{ kbps}$$

Dichos cálculos demuestran que a pesar de las limitaciones presentes en la implementación de la tecnología en el país, se obtuvo una velocidad igualmente adecuada para prestar un servicio eficiente y con calidad para la navegación en Internet, en el caso extremo en que se encuentren empleando el servicio simultáneamente un total de 25 usuarios por punto de acceso.

#### **2.4 Propuestas para la conexión a Internet, mediante tecnología Wi-Fi, en los hoteles de Islazul de Bayamo**

A continuación se describen dos propuestas en cuanto a la utilización del Controlador de Acceso (AC), para la navegación en Internet con tecnología Wi-Fi, desde los hoteles Sierra Maestra, Royalton y Villa Bayamo.

### **Primera propuesta de Conexión**

La primera variante propuesta en Bayamo para brindar acceso a Internet mediante Wi-Fi, se basó en una red WLAN que sería compartida entre los hoteles pertenecientes a la Cadena Islazul, utilizando un solo controlador de acceso centralizado que se ubicó en el centro telefónico de Bayamo.

Este tipo configuración centralizada permite brindar fiabilidad al servicio, una gestión eficiente y rápida respuesta ante las averías, dado a que el AC, elemento clave dentro del equipamiento que conforma esta red estaría ubicado en locales de ETECSA, cerca del personal designado para la administración del servicio, eliminando los gastos de combustible por concepto de transportación hasta los sitios donde sería implementando el servicio. Otra ventaja importante es el ahorro de equipamiento, ya que al usar un solo AC se reduce considerablemente el costo de la inversión.

A pesar de este grupo de ventajas esta solución tiene como inconveniente que puede existir una sobrecarga del AC, debido a los niveles de procesamiento necesarios para lograr atender de forma óptima los usuarios concurrentes en todos los sitios donde se implementa el servicio, y que puede provocar un mal funcionamiento del mismo y por tanto de la red, además de mantenerlo la mayor parte del tiempo operando sobre valores cercanos a los umbrales de rendimiento especificados por el fabricante.

Este análisis se fundamentó con la utilización del software MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*), mediante el cual se gestiona la mayor parte del equipamiento de la red de acceso en Granma y en la mayoría de las provincias del país. El MRTG brinda la posibilidad de supervisar el estado de ocupación de los equipos cada 5 minutos mediante el protocolo SNMP. Como política ETECSA establece como umbrales para que los equipos de la red operen con eficiencia un 70% de ocupación, ya que porcentos superiores provocan disminución del rendimiento de las redes y pérdidas de la conexión.

A continuación se muestra un análisis semanal del comportamiento de este equipo, realizado en los meses de febrero y marzo.

**Tabla 2.1** Comportamiento del tráfico de datos del controlador de acceso en febrero.

Semana	AB Total (Kb/s)	Veloc. Máx. Subida (Kb/s)	% Ocupación Subida	Veloc. Máx. Bajada (Kb/s)	% Ocupación Bajada
1	12800	1523,80	11,90%	9200,00	71,86%
2	12800	2600,00	20,31%	8840,00	69,06%
3	12800	3738,20	29,20%	10240,00	80,00%
4	12800	1925,00	15,03%	8700,00	67,97%

**Tabla 2.2** Comportamiento semanal del tráfico de datos del controlador de acceso en marzo.

Semana	AB Total (Kb/s)	Veloc. Máx. Subida (Kb/s)	% Ocupación Subida	Veloc. Máx. Bajada (Kb/s)	% Ocupación Bajada
1	12800	839,49	6,56%	10233,03	79,95%
2	12800	945,84	7,39%	15667,20	122,40%
3	12800	1129,10	8,82%	8058,80	62,96%
4	12800	3032,52	23,69%	12632,37	98,69%

Como se observa el análisis comprobó que los porcentos de ocupación del AC son bastante elevados, en relación con el ancho de banda asignado para el enlace y con los criterios que establece ETECSA, para el adecuado funcionamiento del equipamiento en su red de acceso. (Ver Anexo I)

### **Segunda propuesta de Conexión**

En la segunda variante se propuso el empleo de un AC para el hotel Sierra Maestra y otro para el Royalton y Villa Bayamo, teniendo en cuenta la cantidad de personas que concurren a estas instalaciones. Esta variante cuenta con las mismas ventajas de la propuesta anterior ya que los dos AC se ubicarían igualmente en el centro telefónico de Bayamo.

A pesar de que se incrementan los gastos de inversión, con esta propuesta se logra un mejor funcionamiento del AC, ya que se evita su sobrecarga, se mejora el desempeño de las redes instaladas y se garantiza una alta calidad del servicio y por ende la satisfacción del cliente.

A continuación se muestra un estudio realizado sobre esta propuesta, en la cual se observa el desempeño del AC empleado en el hotel Sierra Maestra, y se demuestra la correcta operación de este equipo en casi todo el mes de abril, para dicha propuesta tal y

como se observa, los porcentos de ocupación se encuentran en el rango definido para un adecuado desempeño del equipo y por tanto del servicio implementado.

**Tabla 2.3** Comportamiento del tráfico de datos del controlador de acceso Sierra Maestra en abril.

Semana	AB Total (Kb/s)	Veloc. Máx. Subida (Kb/s)	% Ocupación Subida	Veloc. Máx. Bajada (Kb/s)	% Ocupación Bajada
1	12800	839,49	6,56%	3234,03	25,26%
2	12800	945,84	7,39%	1567,20	12,24%
3	12800	1129,10	8,82%	6058,80	47,33%
4	12800	1032,52	8,06%	2632,37	20,56%

Teniendo en cuenta el análisis realizado en cuanto a las dos variantes propuestas y el estudio de las ventajas y desventajas de las mismas, se decidió emplear en el diseño de las redes la segunda variante de empleo del controlador de acceso.

## 2.5 Descripción del topológico de la red propuesta hasta los Controladores de Acceso

Antes de explicar la propuesta del topológico de la red Wi-Fi, hasta los Controladores de Acceso ubicados en el Centro Telefónico de Bayamo, debe tenerse en cuenta el conocimiento de los siguientes elementos:

### VLAN

Una VLAN (*Virtual LAN*) es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física. Son útiles para reducir el tamaño del dominio de difusión y ayudan en la administración de la red, separando segmentos lógicos de una red de área local que no deberían intercambiar datos usando la red local [25].

Funciones de las VLAN

- Optimización del Ancho de Banda: crean dominios de *broadcast* más pequeños.
- Seguridad: permiten desarrollar un nivel de seguridad más alto, ya que no permiten que la información salga del mismo grupo de trabajo.
- Balance de carga: combinado con ruteo, determinan la mejor ruta hacia un destino.
- Aíslan las fallas: reducen el impacto de problemas en la red. Un *loop* o una tormenta de *broadcast* pueden conducir a la falla de toda una red.

### Servidores AAA

El término AAA en seguridad informática corresponde a un tipo de protocolos que realizan tres funciones: autenticación, autorización y contabilización (*Authentication, Authorization*

and Accounting). La arquitectura AAA permite el acceso de los usuarios legítimos a la red e impide el acceso no autorizado. La expresión protocolo AAA no se refiere por tanto a un protocolo en particular, sino a una familia de protocolos que ofrecen los tres servicios citados anteriormente [26].

La autenticación es el proceso por el que una entidad prueba su identidad ante otra. Autorización se refiere a la concesión de privilegios específicos a una entidad o usuario basándose en su identidad, los privilegios que solicita, y el estado actual del sistema. La contabilización se refiere al seguimiento del consumo de los recursos de red por los usuarios.

### NMS

Un sistema de gestión de red (NMS) es un conjunto de herramientas de hardware y/o software que permiten supervisar los componentes individuales de una red dentro de un marco de gestión de red más grande. Permite identificar qué dispositivos están presentes en una red, su monitoreo y supervisión, así como, el seguimiento de los indicadores de rendimiento, entre los que se incluyen la utilización de ancho de banda, pérdida de paquetes, latencia, la disponibilidad y el tiempo de actividad de *routers*, *switches* y otros dispositivos [27].

A continuación se muestra un esquema de la variante de conexión seleccionada para el modelo de conexión mediante Wi-Fi en los hoteles de Islazul en Bayamo. El mismo se muestra hasta los Controladores de Acceso, ubicados en el centro telefónico:

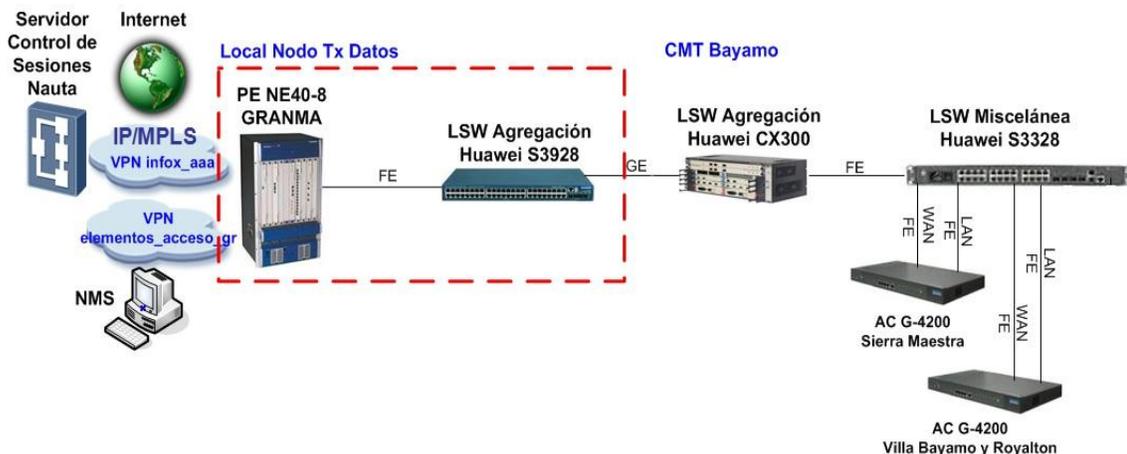


Fig.2.1 Topológico de conexión a Internet mediante Wi-Fi en Bayamo.

El enlace entre los hoteles y el Centro Telefónico de Bayamo para garantizar la conectividad entre los elementos de la red Wi-Fi, entiéndase AP y AC, se logra a través de conmutadores-LAN conectados a través de sus interfaces ópticas por enlaces punto a punto entre cada hotel y el Centro Telefónico utilizando la red de fibra óptica existente en el municipio.

En los hoteles se han ubicado conmutadores, para garantizar la distribución de los AP y para soportar el enlace troncal hacia el Centro Telefónico. Estos conmutadores se enlazan con otro existente en el Centro Telefónico, el Quidway Huawei S3328, el cual a su vez está conectado a través de un enlace troncal con el conmutador de gran porte CX300, elemento de agregación de la red de transporte de Granma, hacia la red IP/MPLS.

Los AC situados en el Centro Telefónico, se encuentran conectados a través de interfaces Fast Ethernet al conmutador Huawei Quidway S3328, una interface LAN para subtender los conmutadores de los sitios donde se brinda el servicio Wi-Fi y la WAN para llegar a través de la red IP/MPLS hacia los servidores AAA. Todos estos enlaces operan en capa 2 usando VLAN, configurando una VLAN de servicio para la red Wi-Fi, que es la que se distribuye hasta los sitios donde se encuentran ubicados los AP y las VLAN de Autenticación, Gestión y Navegación desde el AC hacia el INFOX\_AAA, VPN\_ELEMENTOS\_ACCESO\_GR e Internet, respectivamente, a través de la red IP/MPLS.

## **2.6 Equipamiento empleado en la red de acceso de Granma para la conexión a Internet mediante Wi-Fi.**

La red de acceso de Granma está equipada por los proveedores Huawei y Alcatel. Específicamente para la instalación de redes inalámbricas con tecnología Wi-Fi, ETECSA ha adquirido equipos de Huawei y de *BROWAN Communications*, como parte de una política nacional que tiene que ver con lograr tanto compatibilidad como homogeneidad, entre los equipos con que se implementa este tipo de tecnología.

*BROWAN* es un proveedor de soluciones de acceso Wi-Fi con sede en Taiwán y con sucursales y distribuidores alrededor del mundo. Posee más de 10 años de experiencia en el sector de la industria de las redes de computadoras.

Este proveedor es capaz de proporcionar una solución de diseño y productos como puntos de acceso, controladores de acceso y sistemas de gestión de red, así como

capacidad de software y hardware de diseño y personalización. Un factor fundamental en su selección lo constituyen los beneficios económicos que se derivan de la adquisición de dichos productos ya que los mismos son de fácil montaje y mantenimiento además de poseer precios más rentables en comparación con los productos que se adquieren de otros tipos de proveedores.

Por su parte Huawei es una empresa privada de alta tecnología, cuya sede principal se encuentra en la ciudad china de Shenzhen y que se especializa en investigación y desarrollo, producción y marketing de equipamiento de comunicaciones, y provee soluciones de redes personalizadas para operadores de la industria de las telecomunicaciones a más de 100 países de todo el mundo.

El trabajo sobre estándares de calidad certificados a nivel mundial de Huawei y de *BROWAN* demuestra que son proveedores que cumplen con las exigencias necesarias para la implementación de este servicio. La calidad de estos proveedores se fundamenta en las mediciones y estudios realizados en el país por los especialistas de las comunicaciones, quedando estos aprobados y certificados pues cumplen con las Resoluciones No. 127 y 156 de 2011 del MIC.

A continuación se describen los equipos que intervienen en el modelo de conexión anteriormente mostrado.

### **2.6.1 Características del Router Huawei NE 40-8**

El *router* de servicio universal de la serie NetEngine40E (NE40E) es un producto de red de alta gama suministrado por Huawei Technologies Co., Ltd. Es un producto de red de alta gama que se instala normalmente en los bordes de redes “*backbone*” IP, redes de áreas metropolitanas (MAN) y otras redes IP de gran escala [28].

El NE40E soporta tablas de enrutamiento excesivamente grandes, así como la autenticación de texto encriptado y plano, además asegura una rápida convergencia y garantiza la estabilidad y seguridad en un entorno de enrutamiento complejo. Soporta los servicios de VPN para facilitar la convergencia de múltiples servicios en una sola red.

Este equipo ofrece características sólidas de calidad del servicio. Con un algoritmo de planificación de colas de avanzada y control de la congestión, puede realizar una planificación precisa y de niveles múltiples de los flujos de datos, lo cual satisface las demandas de calidad de los distintos usuarios y servicios.

El NE40E se basa en una plataforma de 400 G y está equipado con tarjetas de línea de 100 G para satisfacer la creciente necesidad de contar con ancho de banda. Tiene la capacidad de soportar la virtualización; múltiples dispositivos se pueden virtualizar en un solo dispositivo. Al ser compatible con todas las tarjetas de línea que se usan en la actualidad, el NE40E reduce la necesidad de inversión [28].



Fig.2.2 Router Huawei NE 40-8

### 2.6.2 Características del CX 300 de Huawei

Es un dispositivo de Huawei para ayudar a ofrecer servicios más ricos a través de IP en Metro-Ethernet. Ofrece una alta fiabilidad, garantiza QoS, seguridad y facilidad de mantenimiento [29].

El CX300 es una solución rentable para muchos de los servicios de telecomunicaciones, tales como servicios de voz sobre una red de próxima generación (NGN), línea dedicada, servicios de "triple play" y los servicios de acceso de banda ancha.

Las unidades de conmutación y control en el CX300A son redundantes para copia de seguridad. Soporta línea virtual dedicada sobre la red MPLS. Las características de funcionamiento de MPLS, administración y mantenimiento se pueden utilizar para la solución de problemas. También admite el protocolo de Protección *Rapid Ring* (RRPP) que es un protocolo de capa de enlace usado especialmente para los anillos de Ethernet. Esta solución es rentable, mientras que la conversión al sistema de protección está garantizada en un corto tiempo [29].



Fig.2.3 CX 300.

### 2.6.3 Características del Controlador de Acceso **BROWAN G-4200**

El controlador de acceso es el encargado de gestionar los recursos de radio. Intercambia mensajes de control con el servidor AAA y los AP, con el objetivo de autenticar a los usuarios conectados a la red. Establece las políticas de tráfico y las listas de control de acceso por MAC y/o IP. Implementa funciones de un servidor DHCP (*Dynamic Host Configuration*), asigna dinámicamente direcciones IP a los usuarios de la red Wi-Fi. Además provee funciones de servidor web para la representación de los usuarios [30].

A continuación se muestra la imagen del Controlador de Acceso **BROWAN G-4200**, modelo que se utiliza en ETECSA [30]:



Fig.2.4 Controlador de Acceso G-4200.

#### **Características:**

- Autenticación de usuarios con UAM (Método de Acceso Universal), 802.1x/EAPoLAN, dirección MAC, Cliente AAA Radius y servidor proxy con soporte EAP.
- Soporta hasta 200 usuarios conectados simultáneamente.
- Traducción de direcciones universal (UAT), soporte de proxy web WISPr compatible, accede a través de un navegador Web con SSL/TLS Ilimitado.
- Lista Blanca (zona de jardín amurallado, sitios web gratuitos).
- Bienvenida, inicio de sesión, y cierre de sesión personalizables, soporte XML (interno, externo) y HTML.
- Enrutamiento IP con IPsec y PPTP *pass-through*, NAT, reenvío de puertos.
- Ancho de banda por usuario a través de la gestión de RADIUS WAN protocolos: PPP, DHCP cliente, Servidor DHCP, Cliente VPN.

- La gestión remota a través de SNMP v1, proxy SNMP, HTTPS, SSH, Telnet, consola Gestión de subred para la gestión remota AP.

#### 2.6.4 Características de los conmutadores-LAN (*LAN-switch*)

Son dispositivos que permiten la conexión de distintas redes de área local (LAN) y que se encargan de determinar el destino de los datos. Cuentan con varios puertos RJ45 integrados, que pueden ser desde 4, 8, 16, 24 hasta 32, permiten la regeneración de la señal y son compatibles con la mayoría de los sistemas operativos de red [31].

ETECSA en Granma, teniendo en cuenta un proceso de homogenización que se está llevando a cabo en el equipamiento de la red de transporte, emplea conmutadores de tecnología Huawei. Entre estos encontramos los Quidway Huawei 2300, que se encuentran en los hoteles y de donde se conectan los AP a través de interfaces Ethernet. También se usa el Quidway Huawei 3328, que se encuentra ubicado en el Centro Telefónico y que se conecta, a través de fibra óptica, a los 2300 existentes en cada hotel.

A continuación se muestra una breve descripción del Quidway Huawei 3328:

- 24 interfaces 10/100Base-Tx
- 2 interfaces SFP 1000Base-x,
- 2 interfaces combo 10/100/1000Base-T o 100/1000Base-x.
- Fuente de alimentación de AC o de DC.



**Fig.2.9** LAN switch Quidway Huawei 3328.

#### 2.7 Software para la gestión del equipamiento de redes Wi-Fi

ETECSA utiliza varios software para gestionar y controlar los equipos que componen la red de transporte, entre ellos podemos mencionar el U2000 que fue diseñado para gestionar de forma eficaz y uniforme el transporte, acceso y equipos IP, este *software* es utilizado tanto por los especialistas como por los supervisores de la Red.

Los Controladores de Acceso son supervisados utilizando el *WhatsUp Gold 8.0*, este *software* permite la creación de mapas y la gestión de toda la infraestructura de una red, de sus servidores y recursos virtuales.

Otro *software* de mucha utilidad es el MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*), que permite supervisar la carga de tráfico de interfaces de red. El MRTG genera un informe en formato HTML con gráficas que proveen una representación visual de la evolución del tráfico a lo largo del tiempo. Con este *software* se realizan los estudios del tráfico de los controladores de acceso de la red Wi-Fi.

A pesar de todo esto no se cuenta con un *software* que permita la supervisión de los AP, la mayoría de estos se configuran mediante un navegador Web.

### **Conclusiones del Capítulo**

Al terminar este capítulo se completó una fase muy importante en este proyecto, ya que se llevó a cabo el dimensionamiento del sistema inalámbrico a implementar. Además se eligió la variante a emplear en torno al empleo del controlador de acceso, para lo cual se tuvo en cuenta la realización de un estudio de tráfico con el apoyo del MRTG, que permitió demostrar la eficacia de la propuesta seleccionada.

Se diseñó el topológico de acceso a Internet mediante redes inalámbricas en Bayamo, describiendo el enlace hasta los controladores de acceso centralizados de la cadena Islazul. Además se detallaron los principales elementos que forman parte de la red de acceso, que brindará el servicio de navegación por Internet.

## **CAPITULO 3 . IMPLEMETACIÓN DE UNA RED WI-FI PARA EL ACCESO A INTERNET DESDE LOS HOTELES DE ISLAZUL EN BAYAMO**

En este capítulo se describe todo el trabajo de campo realizado, que permitió el cumplimiento del objetivo principal de esta investigación, la implementación de una red Wi-Fi que posibilite el acceso a Internet desde los hoteles de la cadena Islazul en Bayamo. En el capítulo solo se realiza el análisis en el hotel Sierra Maestra, teniendo en cuenta que este constituye la principal villa de alojamiento de la ciudad, tanto por su tamaño, como por las variadas ofertas que brinda a los usuarios que demandan sus servicios. En el resto de los hoteles la conexión es similar, solo varían en algunos casos la cantidad de AP a utilizar.

### **3.1 Breve descripción de la Cadena Hotelera Islazul**

Islazul es una cadena hotelera cubana, encargada de la gestión, promoción, venta y alquiler de habitaciones en los hoteles a lo largo de toda la isla. Constituye la principal red hotelera en el país. La cadena Islazul dispone de instalaciones hoteleras y extrahoteleras de playa, ciudad y naturaleza, diseñadas con el propósito de complacer los más exigentes gustos, con un servicio personalizado, avalado por la calidad con que se brinda y la vinculación de estas a la cultura e idiosincrasia cubanas, siendo estos los rasgos que la distinguen.

En la ciudad de Bayamo existen 3 hoteles pertenecientes a esta cadena, ellos son: Hotel Sierra Maestra, Hotel Royalton y Hotel Villa Bayamo. De ellos el Hotel Sierra Maestra, constituye el de mayor interés por parte de ETECSA para poner en práctica el uso de la tecnología Wi-Fi, por ser el de mayor capacidad y por ende el de mayor afluencia de visitantes, por lo que fue escogido como primero para brindar el servicio.

Estudios realizados en algunos hoteles de la cadena mostraron que entre los principales servicios de intereses de la comunidad de usuarios que accedían se encuentra el servicio de acceso a Internet, centrado principalmente en el uso del correo electrónico y la navegación web. Teniendo en cuenta las facilidades que se obtienen mediante el empleo de redes inalámbricas de área local se previó el montaje de redes Wi-Fi en los mismos para brindar los servicios requeridos.

### 3.2 Caracterización del Hotel Sierra Maestra

El hotel Sierra Maestra (Ver Anexo II) se encuentra ubicado en las afueras de Bayamo, a tres kilómetros del centro histórico de la ciudad. Situado junto a la Carretera Central en dirección a Santiago de Cuba, se ubica muy cerca del Cabaret Bayam y del hospital Carlos Manuel de Céspedes. Constituye el principal centro de alojamiento y recreación de la capital provincial, hecho que convierte este centro en un objetivo tanto turístico como socio-económico.

Esta instalación hotelera ha sido acogedora de importantes eventos como el III Congreso Cubano de Desarrollo Local, la Conferencia Internacional de Eco-Materiales, la VI Conferencia Internacional Medio Ambiente Siglo XXI, la V Conferencia Internacional sobre Derecho Ambiental, y más recientemente la novena edición del Evento Internacional de Turismo de Naturaleza (TURNAT), realizado a fines de 2013.

Cuenta con un total de 132 habitaciones climatizadas con baño privado, teléfono y TV por satélite. Entre los servicios y facilidades que brinda se encuentran: agencia de viajes, área infantil, bar en el lobby, cafetería, oficina de correo, piscina, punto de renta de autos, sala de fiestas, bar, buró de turismo, caja de seguridad, parqueo, puesto médico, restaurante buffet, sala de juegos, salón de conferencias, taxi, snack bar, tienda y servicio de correo electrónico.

Para prestar el servicio de navegación en Internet el hotel Sierra Maestra solamente cuenta con un pequeño cibercafé. Para el establecimiento de esta conexión se emplea un *modem-router ADSL TP-Link (Asymmetric Digital Subscriber Line)*, que permite transmitir voz y datos por el mismo par de cobre, utilizando un filtro o *splitter* para separar las frecuencias.

Este tipo de conexión apoyada en el par simétrico de cobre trae implícitas un grupo de desventajas, como por ejemplo la baja capacidad de transmisión de datos, muy inferior a la que se puede alcanzar con el empleo de otros medios de transmisión como cable coaxial o fibra óptica. Además la línea de cobre tiene una longitud aproximada de un kilómetro desde el *módem-router* del hotel hasta el DSLAM Alcatel 7330, situado en el Reparto Jesús Menéndez donde se encuentra enclavada esta instalación, lo que introduce atenuaciones en la transmisión.

En el cibercafé existen solamente 2 estaciones de trabajo que se conectan mediante interfaces Ethernet directamente al *modem-router TP-Link* ubicado en el local de

informática del hotel. Esta solución de conectividad a Internet no satisface la demanda de los clientes y se convierte en un serio problema pues la entidad no tiene como responder técnicamente a la demanda de los usuarios que a diario solicitan este importante servicio.

En el esquema siguiente se muestra como se encuentra conectado el hotel Sierra Maestra a Internet a través de su cibercafé.

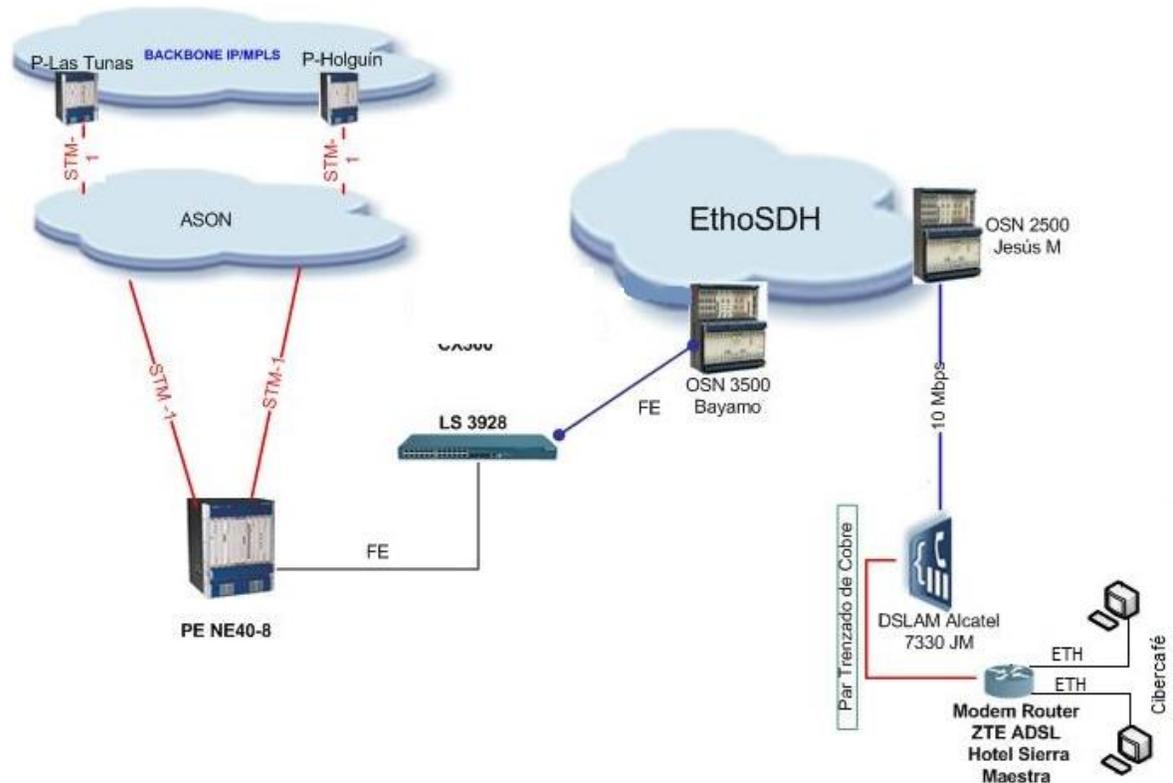


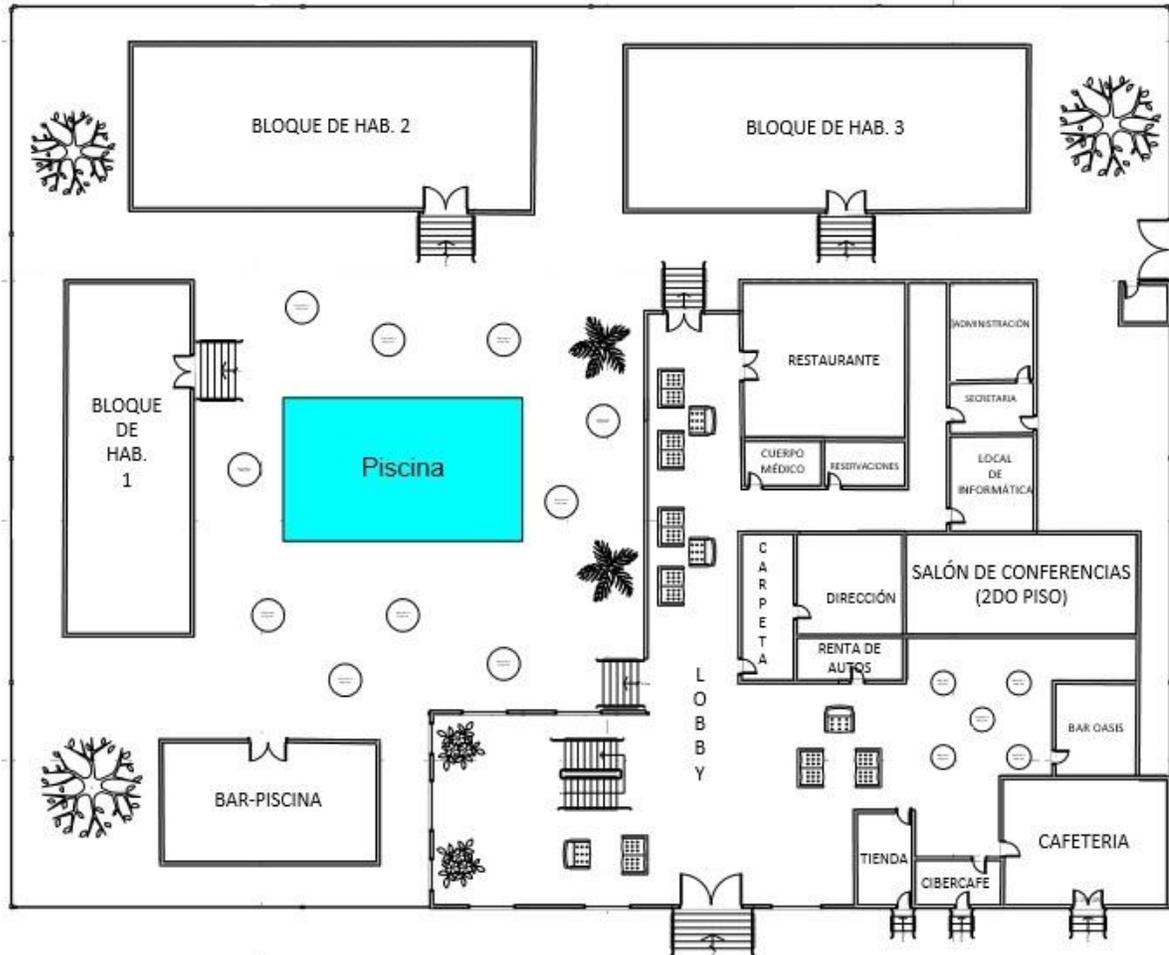
Fig.3.1 Conexión a Internet existente en el hotel.

### 3.2.1 Infraestructura del hotel Sierra Maestra

El hotel Sierra Maestra presenta un diseño arquitectónico al estilo racionalista con tendencias del movimiento moderno. Posee una forma constructiva prefabricada del Sistema Girón y ocupa un área de aproximadamente 5000 m<sup>2</sup>. Esta área está cubierta por un total de cinco edificios que se distribuyen como se describe a continuación:

De los cinco bloques tres pertenecen a las habitaciones. Los bloques de habitaciones poseen cuatro pisos cada uno y las habitaciones en los mismos están distribuidas de forma tal que el bloque 1 posee un total de 32 habitaciones y los otros dos (bloques 2 y 3) un total de 50 cada uno para una total de 132 habitaciones.

El bar-piscina se encuentra ubicado en el primer piso de otro de los bloques del hotel. Este es un bloque de dos pisos en el cual se encuentra ubicada además la discoteca en el piso superior.



**Fig.3.2** Esquema general del Hotel Sierra Maestra.

El quinto bloque del hotel es el más grande de la instalación y por ser aquel en el cual se ubica la gran mayoría de los servicios que brinda la instalación constituye la principal zona en cuanto a densidad de personal, brindando alojamiento tanto a los que se encuentran hospedados, como a los que lo visitan a diario.

Este bloque tiene dos plantas. En la primera planta se encuentra el lobby, una tienda, el cibercafé, a través del cual se presta el servicio de acceso a Internet, mediante la plataforma Nauta, el bar "Oasis", el local de renta de autos, la carpeta y la dirección del hotel. Además en este mismo piso se localiza el restaurante, el cuerpo médico y la oficina

de reservaciones para los *tours* que se brindan a los usuarios a través de la ciudad, en este departamento también se venden las tarjetas prepago que se emplean para la navegación en Internet.

Por último se encuentran situados también en el piso, el local del informático del hotel, donde está ubicado el cuarto de telecomunicaciones de la instalación hotelera, y el departamento de la administración.

En el segundo piso se encuentra ubicada una sala de juegos, el bar “Terraza” y el salón de conferencia, local que acoge las reuniones que se realizan durante los eventos que tienen como sede la instalación hotelera Sierra Maestra.

### **3.3 Conexión a Internet mediante Wi-Fi en el Hotel Sierra Maestra**

Para la implementación de la solución de conectividad a Internet mediante tecnología Wi-Fi en el hotel Sierra Maestra, se tuvieron en cuenta varias consideraciones de suma importancia como son, la ubicación de los AP en las zonas donde se obtenga la mejor cobertura posible, de modo tal que los usuarios disfruten de un servicio eficiente y con calidad, así como el desarrollo del trabajo de instalación y montaje con la cultura técnica necesaria, de forma tal que se preserven las características arquitectónicas de la instalación en que se está implementando el servicio.

Para la distribución de los AP alrededor del hotel se tuvo en cuenta lograr una ubicación de estos en los lugares donde la cantidad de usuarios sea la más elevada. Para ello se contactó con los directivos del hotel, obteniendo como resultado que los sitios más frecuentados eran: la cafetería, el bar, el lobby, la piscina y la carpeta, todos estos localizados en el primer piso, y por ende fueron estas las zonas electas para la prestación del servicio.

Este contacto también señaló, que otro local del hotel de suma importancia para la implementación del servicio, es el salón de conferencias que está ubicado en el segundo piso, empleado en reuniones y eventos de relevancia que tienen como sede el hotel.

Teniendo en cuenta los datos facilitados por el personal directivo, sobre las zonas de mayor afluencia de clientes, se decidió entonces emplear para la instalación el siguiente equipamiento:

- 3 AP
- 1 Conmutador (*switch*)

Los 3 AP fueron distribuidos en las zonas que cubren el área de la piscina, la cafetería y el lobby y el salón de conferencias del segundo piso. La conexión de los mismos al *switch* Quidway 2309 situado en el local de informática del hotel se efectuó a través de interfaces Fast Ethernet.

El conmutador Quidway 2309 (figura 3.3) es un dispositivo de conmutación de tecnología Huawei de la serie 2300. El mismo posee como principales características las que se muestran a continuación:

- Ofrece potentes funciones para VLAN como QoS, multidifusión, seguridad, autenticación y fiabilidad.
- Proporciona ocho puertos *Fast Ethernet* (10/100Base-TX) y un puerto *Gigabit Ethernet* (1000Base-X).
- Soporta fuentes de alimentación de CA.
- Incorpora alimentación PoE mediante la cual puede suministrar alimentación a través de Ethernet a equipos terminales tales como teléfonos IP y puntos de acceso inalámbricos.



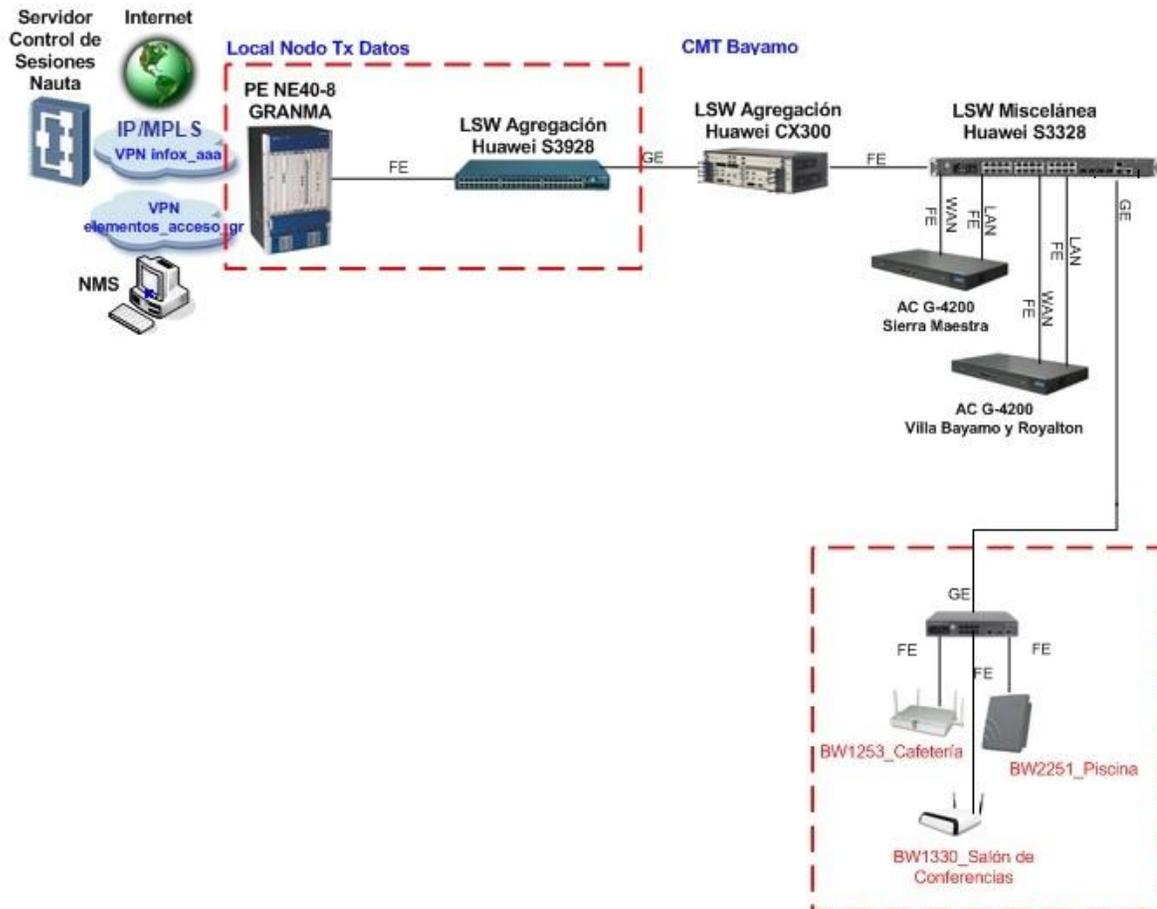
**Fig.3.3** Conmutador-LAN Quidway 2309 del proveedor Huawei (Fuente: [31]).

La conexión con el Centro Telefónico se estableció mediante la utilización de fibra óptica aprovechando el enlace de fibra existente entre este último y la instalación hotelera. Este enlace se empleará en el establecimiento de la conexión con el conmutador-LAN 3328, el cual se conecta al AC del hotel Sierra Maestra instalado en el Centro Telefónico Bayamo.

Este AC realiza el siguiente grupo de funciones:

- Control de los parámetros de radio de todos los AP a los que da servicio.
- Asignaciones de Direcciones IP para la navegación proporcionadas por una aplicación servidora DHCP que corre sobre este equipo.
- Interfaz del cliente para la autenticación ya que una vez que este accede al sistema para autenticarse, el AC gestiona con el servidor AAA el estado de cuenta y la autorización del usuario para la navegación asumiendo el control de la sesión hasta tanto el cliente se desconecte.
- *Gateway* para todos los AP y conmutadores-LAN que conforman la red Wi-Fi.

A continuación se muestra el topológico de la red para el acceso a Internet desde el hotel Sierra Maestra perteneciente a la cadena Islazul, en la ciudad de Bayamo, a través del servicio Wi-Fi.



**Fig.3.4** Topológico para el acceso a Internet mediante Wi-Fi en el hotel Sierra Maestra.

Los AP elegidos para la implementación de dichas redes son del proveedor *BROWAN* y su desempeño ha sido evaluado a través de ensayos por la Empresa de Servicios de Aseguramiento de la Calidad (ESAC), perteneciente al MIC. Todas estas pruebas realizadas han demostrado que los mismos cumplen con las prescripciones establecidas en las resoluciones No. 127 y 156 del año 2011 del MIC sobre las características que deben cumplir los equipos empleados para el diseño de redes inalámbricas en el país, por lo que quedó certificado y avalado su empleo.

A continuación se describen los modelos de AP empleados en el montaje de la red Wi-Fi en el hotel Sierra Maestra.

**Características del AP Indoor BW1253 [32]:**

- Radiación *dual-band*, soportando 802.11a/g/b/n y 802.11b/g/n simultáneamente.
- Soporta hasta 16 VLAN ID por Radio.
- Acceso inalámbrico protegido WPA/WPA2 con AES y TKIP.
- Aislamiento a nivel 2 para evitar comunicación de un cliente inalámbrico con cualquier otro.
- Implementa encriptación WEP (Wired Equivalent Privacy) utilizando palabras de 64 o 128 bits.
- Filtrado de direcciones MAC para la prevención de ataques de Internet.
- Autenticación de usuarios con UAM (Método de Acceso Universal).
- Soporta 16 BSSID - "Virtual AP".
- Antinterferencia con asignación dinámica de canales (DCA).
- Gestión segura vía HTTPS, CLISH, SNMP y BROWMAN DMS.
- Admite la autenticación 802.1x mediante EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP y SIM.
- Permite la capacidad de QoS de enlace inalámbrico.
- Alimentación mediante la conexión a cualquier adaptador de corriente o un IEEE 802.3af PoE integrado [32].



**Fig.3.5** Punto de acceso interior BW 1253.

**Características del AP Indoor BW1330 [33]:**

- Soporta múltiples BSSID, hasta 16 " AP virtual".
- Implementa encriptación WEP utilizando palabras de 64 o 128 bits.
- Realiza control de acceso brindando servicio simultáneo a 100 usuarios, 30 inalámbricos y 70 cableados.
- Gestión remota a través de SNMPv1, proxy SNMP, HTTPS, Telnet.
- Compatible con los estándares 802.11 b y 802.11g con velocidades desde 1Mbps a 54Mbps.

- Soporta varios métodos de autenticación seguros de inicio de sesión como el navegador Web, la autenticación MAC, tarjetas conocidas como módulo de identidad del abonado (SIM, *Subscriber Identity Module*), el POP3, entre otros.
- Autenticación de usuarios con UAM (Método de Acceso Universal), 802.1x/EAPoLAN, Cliente AAA RADIUS y servidor proxy con soporte EAP.
- Alimentación mediante la conexión a cualquier adaptador de corriente o vía PoE [33].



**Fig.3.6** Punto de acceso interior BW 1330.

#### **Características del AP Outdoor BW2251 [34]**

- Radiación *dual-band*, soportando 802.11a/g/b simultáneamente.
- Aislamiento a nivel 2 para evitar comunicación de un cliente inalámbrico con cualquier otro.
- Autenticación de usuarios con UAM y con 802.1x.
- Implementa encriptación WEP (*Wired Equivalent Privacy*) utilizando palabras de 64 o 128 bits.
- Soporta múltiples BSSID, hasta 16 "AP virtual".
- Acceso inalámbrico protegido con TKIP o AES.
- Garantiza administración remota por HTTPS y SNMP.
- Realiza Lista de Control de Acceso a nivel de MAC (ACL).
- Calidad de Servicio Inalámbrico.
- Alimentación mediante la conexión a cualquier adaptador de corriente o vía PoE.

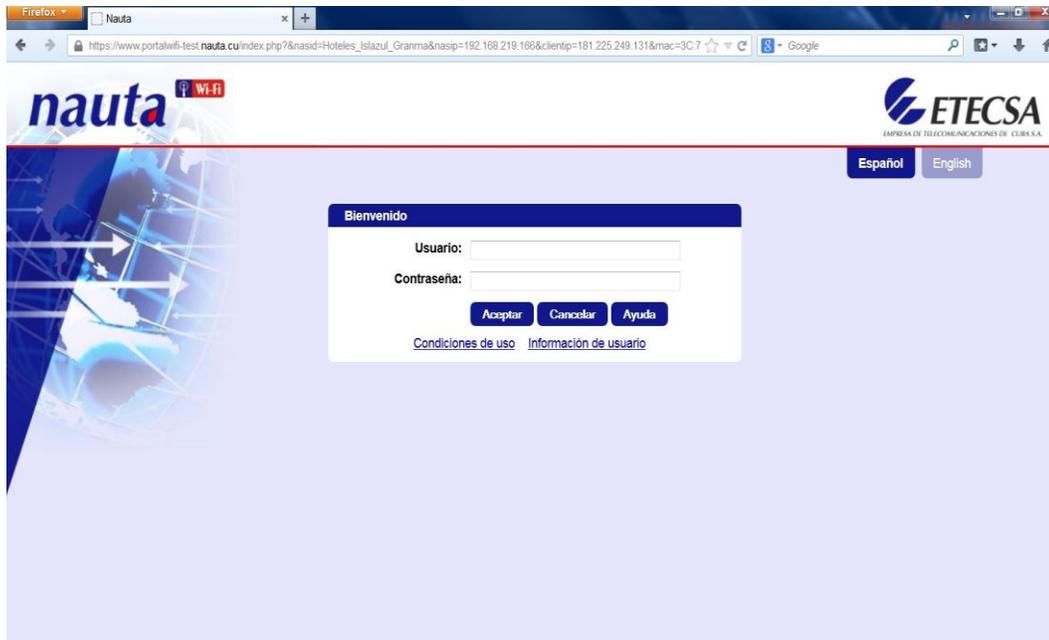


**Fig.3.7** Punto de acceso exterior BW 2251.

### 3.3.1 Acceso de los usuarios al servicio

Un usuario que desea conectarse a la red del hotel deberá encender su dispositivo inalámbrico (suplicante), que puede ser una laptop, un móvil u otro dispositivo terminal, este se conectará al punto de acceso donde la relación S/N (señal/ruido) sea la mayor. Una vez conectado se solicita una dirección IP mediante el protocolo DHCP al AC, el cual se encarga de asignar dicha dirección de forma dinámica. Una vez que al cliente se le ha asignado una dirección IP tendrá acceso a la página de bienvenida, de la cual se muestra una imagen en la figura 3.8.

En esta página se le informa al cliente que debe introducir las credenciales (usuario y contraseña) de la tarjeta prepago o la cuenta permanente de Navegación Internacional del servicio Nauta. Una vez que el AC recibe las credenciales del usuario que intenta acceder al servicio (Internet), se las envía al servidor de autenticación (AAA), encargado de validar su identidad y de acuerdo a eso, permitirle o negarle el ingreso a la red. Una vez que el suplicante esté validado, puede entonces acceder a la red y utilizar todos los recursos y servicios que esta tenga disponible (navegación internacional).



**Fig.3.8** Página de bienvenida para el acceso a Internet en los hoteles Islazul.

### 3.4 Análisis de cobertura

La realización del análisis de cobertura que se efectuó tuvo como principal objetivo determinar la ubicación óptima de los AP para cubrir las zonas anteriormente descritas, teniendo en cuenta la calidad de propagación de las señales radiadas por estos, que las mismas no sufrieran interferencia y a la vez minimizar el efecto de *roaming*, que se produce cuando los usuarios se desplazan por aquellas zonas del hotel donde existe solapamiento de las señales provenientes de dichos AP.

Este trabajo también permitió conocer los niveles de potencia necesarios que debían radiar los AP para brindar cobertura al área para la cual fueron designados, información que permitió configurarlos de forma tal que se alargue su vida útil.

Para realizar este análisis se utilizó el *software* Ekahau HeatMapper, el adaptador de red inalámbrica *Realtek* RTL8188EE 802.11bgn y los 3 AP seleccionados en las áreas de la piscina, la cafetería y el salón se fueron desplazando hasta que se obtuvo su ubicación óptima.

El *software* Ekahau HeatMapper es una herramienta gratuita disponible solo para Microsoft Windows. Para su funcionamiento emplea la misma interface de red inalámbrica de conexión a la red Wi-Fi (soporta las normas IEEE802.11 a/b/g/n). Además de localizar los puntos en los que la señal es más fuerte, también detecta cualquier dispositivo que funcione como un punto de acceso, permitiendo por tanto detectar el efecto de señales interferentes.

El mismo muestra la RSSI (*Received Signal Strength*). La RSSI es una escala de referencia (en relación a 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en las redes inalámbricas. La escala tiene al valor cero como centro y este representa 0 RSSI, o 0 dBm. Generalmente la escala se expresa dentro de valores negativos de modo tal que cuanto más negativo sea el valor, mayor pérdida de señal habrá. En el caso de las redes Wi-Fi un nivel de 0 dBm es igual a 1 mW, lo que en la práctica es imposible de lograr.

Para la interpretación de los diferentes valores aportados por el estudio, se tuvo en cuenta el análisis de la forma en que el *software* representa las señales provenientes de los AP en cada punto. A continuación se muestra una tabla donde se resume el modo de operación del Ekahau HeatMapper, en la misma se exponen los niveles de potencia

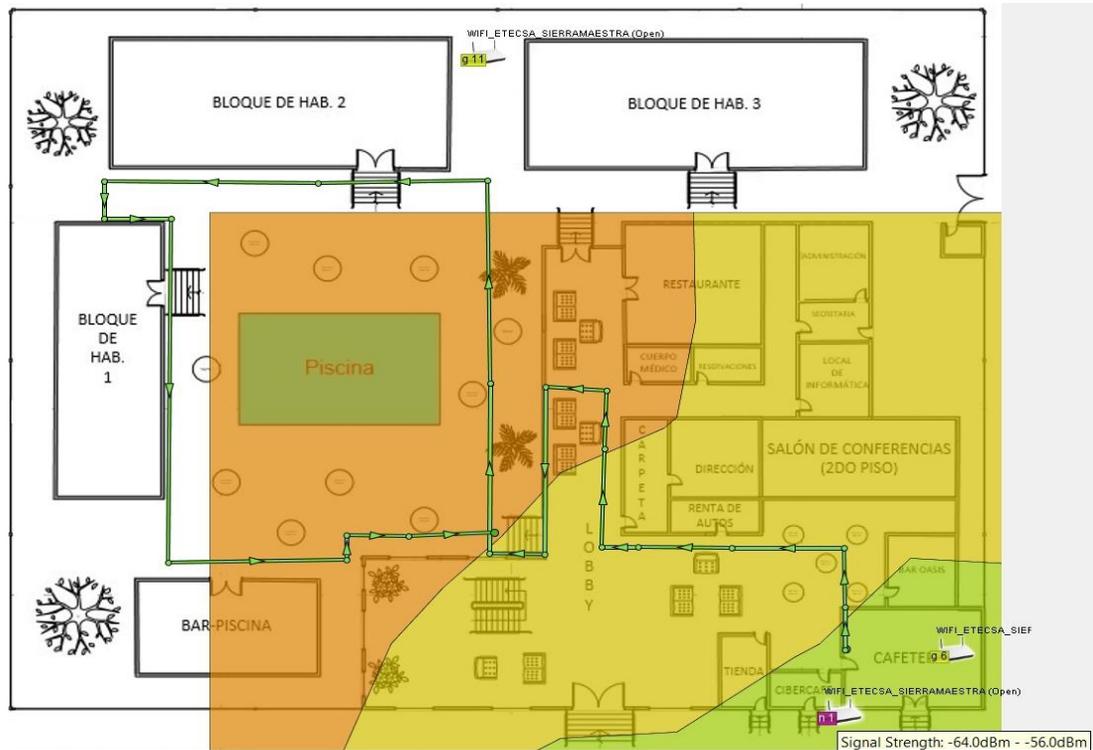
radiada y la representación en bandas de colores que este realiza, en una escala de aceptación de 0 a -80 dBm:

**Tabla 3.1** Modo de operación del Ekahau HeatMapper.

Nivel de Potencia radiada (dBm)	Clasificación del enlace	Banda de color asignada	Consideraciones
-40 a -60	Enlace excelente	Verde oscuro	Señal óptima con tasas de transferencia estables
-60 a -70	Enlace bueno	Verde claro	Señal estable con tasas de transferencia menores
-70 a -80	Enlace normal-bajo	Amarillo	Señal medianamente buena aunque puede sufrir problemas por efectos atmosféricos.
Menor que -80	Enlace mínimo	Naranja o rojo	Señal mínima aceptable para el establecimiento de la conexión

Para realizar el análisis se realizó un desplazamiento en la instalación, por aquellas zonas que fueron designadas para ofrecer el servicio inalámbrico. Este desplazamiento se fue señalando en el mapa y luego el *software* automáticamente asignó las bandas de colores para representar los niveles de la señal radiada por cada uno de los AP. En la figura 3.9 se muestra una imagen del análisis realizado sobre el AP que se ubicó en el área de la cafetería.

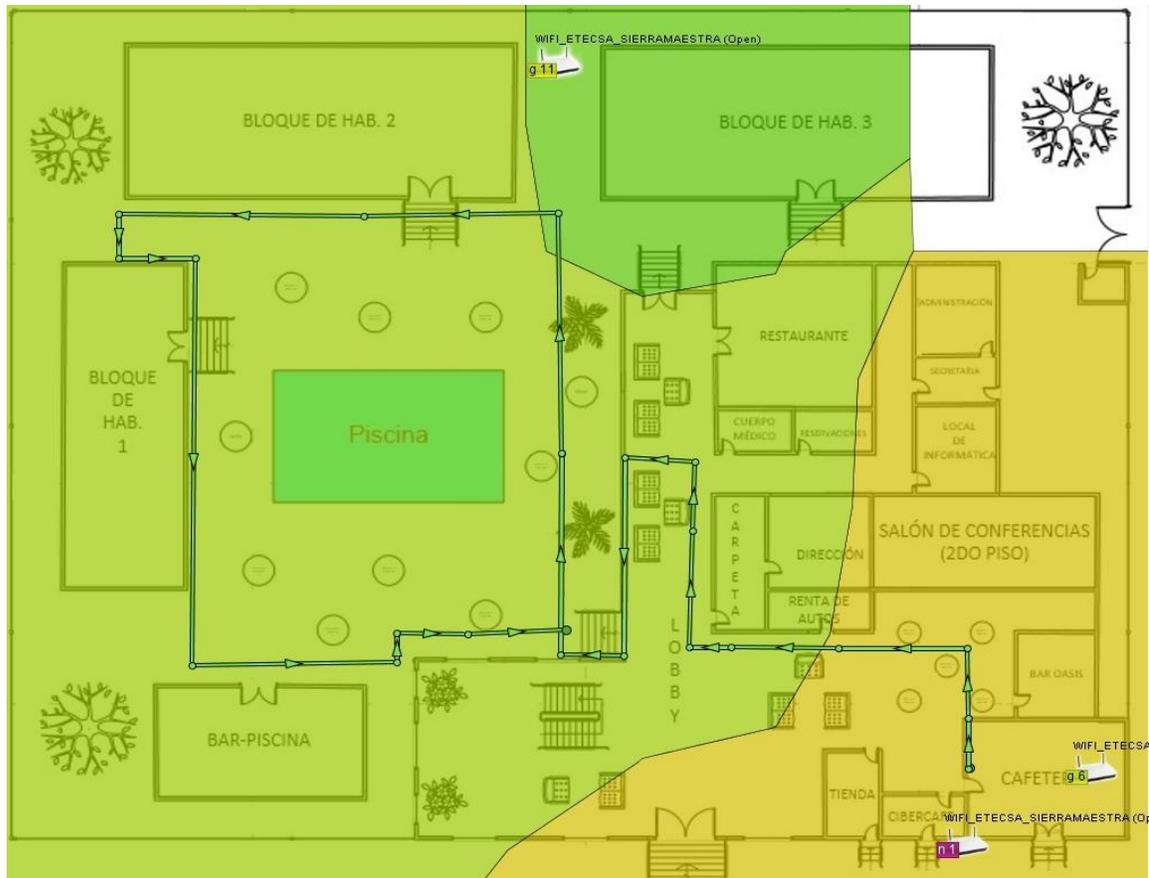
Este análisis demuestra las excelentes condiciones de conexión que brinda este AP tanto en el área de la cafetería, como en el bar “Oasis”, donde se obtienen tasas de transferencia de datos estables (de -64 dBm a -56 dBm), lo que se corresponde con un “enlace óptimo”, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y con lo que se cumplen las perspectivas de instalación del equipo en esta área del hotel.



**Fig.3.9** Análisis de cobertura realizado sobre el AP-Cafetería.

El análisis brinda además información de las características de propagación de la señal en otras zonas de la instalación, como es el caso del área del lobby y la piscina. Tal y como se puede observar la señal proveniente del AP-Cafetería en la piscina es mucho más débil a causa de la distancia, por lo que el nivel de potencia radiado disminuye en esta área, lo que provoca que este AP no proporcione una conexión estable en dicha área e incluso que se llegue a perder su señal.

Sin embargo esta situación de inestabilidad en estas áreas a causa de la débil señal proveniente del AP-Cafetería se solucionó con la instalación del AP ubicado en la piscina, del cual se brinda un análisis a continuación.



**Fig.3.10** Análisis de cobertura sobre el AP-Piscina.

Como se observa en la figura, las zonas verdes predominan en la mayor parte el área de la piscina, obteniéndose en esta zona señales en el orden de los -35 dBm a -64 dBm, lo que se corresponde con un “enlace excelente” o “bueno” y con lo que se logra brindar un servicio de conexión eficiente de modo que cualquier usuario conectado puede desplazarse sin perder la conexión.

Por el contrario a medida que un usuario se desplaza hacia el bloque donde se encuentra la cafetería y el bar Oasis, la intensidad de la señal baja considerablemente hasta valores que no son óptimos para la navegación (niveles por debajo de los -80 dBm).

Otra herramienta empleada en el análisis de cobertura para escanear las áreas en las que se deseaba brindar cobertura fue el *software* inSSIDer V2.1. El inSSIDer V2.1 es un software libre que permite realizar un análisis de RF en zonas donde se encuentra implementada una red inalámbrica.

El procedimiento consistió en instalar esta herramienta informática en una computadora portátil y realizar un desplazamiento en el área de estudio con el objetivo de detectar posibles señales de radiofrecuencia interferentes.

El mismo brinda información importante del dispositivo inalámbrico que provee la señal; esta información comprende los niveles de potencia en dBm que radia cada AP (RSSI), el canal de operación, el nombre de la red (SSID), el tipo de seguridad implementado, la dirección MAC, el tipo de red implementada, etc.

Para realizar dicho análisis se tuvo en cuenta configurar los AP en los canales 1, 6 y 11, donde cada canal ocupa un ancho de banda de 20 MHz. Este tipo de configuración permite obtener el máximo rendimiento de radiofrecuencia posible pues la transmisión de la señal se efectúa por canales no solapados, lo que evita el efecto de la interferencia cocanal. De esta forma se decidió que el AP de la cafetería se configurara en el canal 1, el del salón de conferencias en el canal 6 y el de la piscina en el canal 11.

En la siguiente figura se muestra el análisis realizado con el inSSIDer V2.1 en el área del lobby del hotel. Este análisis muestra las características de radiofrecuencia de la instalación, donde no se obtuvieron señales interferentes que pudieran afectar el desempeño de la red.



**Fig.3.11** Análisis de RF empleando el inSSIDer V2.1 realizado en el hotel Sierra Maestra.

### **3.5 Despliegue del equipamiento en la instalación**

El primer AP que se montó fue el que está ubicado en la cafetería. Se decidió montar un AP en esta zona del hotel ya que como se mencionó anteriormente constituye un área a la cual concurre una gran cantidad de los visitantes del hotel, además se encuentra enclavada en una posición bastante cercana a otras zonas de importancia de la entidad como son el lobby y el bar “Oasis”.

El segundo AP instalado fue el de la piscina. Esta zona del hotel fue escogida, porque igualmente forma parte de las áreas de mayor aceptación de los clientes.

El último AP en montar fue el del salón de conferencias. A pesar de que este salón se encuentra ubicado en el segundo piso del hotel y en un lugar donde no acuden mucho los usuarios, la instalación del servicio Wi-Fi en la zona es de suma importancia, ya que como se ha mencionado anteriormente en este local se desarrollan las reuniones durante los eventos que tienen como sede el hotel Sierra Maestra.

#### **Distribución del cableado**

Para la distribución del cableado en la instalación, se tuvieron en cuenta las normas del cableado estructurado.

El cableado estructurado es un método de cableado sistemático. Este consiste en crear un sistema de cableado organizado que pueda ser fácilmente comprendido por los instaladores, administradores de red y cualquier otro técnico que trabaje con cables. Para ello se basa en tres reglas fundamentales: la primera es buscar una solución de conectividad completa, la segunda es planificar el crecimiento futuro de las redes y la tercera es mantener la libertad de opción de proveedores [35].

Específicamente en el hotel se tuvieron en cuenta fundamentalmente las normas ANSI/TIA/EIA-568-A, ANSI/TIA/EIA-568-B y ANSI/TIA/EIA-607-A. Todas estas normas dictan las pautas a tener en cuenta para la instalación del cableado vertical y horizontal, para los requerimientos de instalaciones de sistemas de puesta a tierra y otros elementos importantes necesarios para el montaje de redes eficientes.

Durante la distribución de los enlaces se tuvieron en cuenta varias consideraciones como lograr que la distancia de las conexiones entre los AP y el Switch Quidway 2309 fuese inferior a los 90 metros, que los radios de curvatura no fuesen de menos de 90° ni mayores de 270°, alejar los cables de las fuentes de interferencia electromagnética y de

radio frecuencia, como pueden ser motores eléctricos o transformadores, cables de corriente alterna y aires acondicionados.

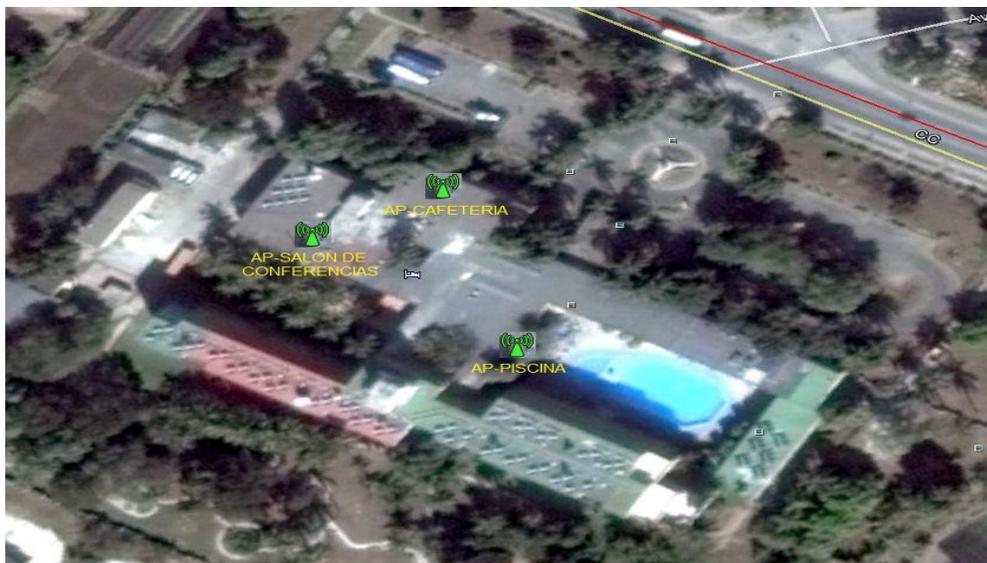
Para la conexión del AP BW 1253 destinado a brindar cobertura en la cafetería se empleó un tramo de cable UTP categoría 6 de 28 m de longitud hasta el *patch panel* existente en el local de informática del hotel donde se encuentra además el armario de telecomunicaciones. En el caso del AP-Cafetería se empleó el primer puerto del switch Quidway 2309. El enlace entre el AP y el switch tiene una longitud aproximada de 29 m. El mismo se ubicó a una altura de 2,20 m con el objetivo de garantizar una adecuada distribución de la señal y que brindara la mayor cobertura posible. (Ver Anexo VI.1)

Por su parte para la conexión del AP-Piscina (BW 2251) el cable UTP categoría 6 se enlazó desde este hasta un puerto del *patch panel* ubicado en el local de informática, cubriendo una longitud de 24 m. Del *patch panel* se enlazó hasta el puerto número dos del switch Quidway 2309, siendo en definitiva el enlace AP-switch de aproximadamente 25 m de longitud.

Este AP se colocó a una altura de 3,50 m, para lo que se tuvo en cuenta que el mismo debía cubrir el área de la piscina, que es bastante extensa y que constituye una de las zonas más frecuentadas, tanto por los clientes hospedados en el hotel, como por los que se encuentran de paso por este. (Ver Anexo VI.2)

Por último el AP BW 1330 ubicado en el interior del salón de conferencias en el segundo piso, se colocó al tercer puerto del switch Quidway 2309. Para ello se empleó igualmente un cable UTP categoría 6 de 15 m de longitud hasta una sala de telecomunicaciones existente en dicho piso, donde se conectó el mismo a un *patch panel*. El enlace entre esta sala y el local de informática se cubrió con un cable de una longitud de 20 m. La distancia aproximada del enlace entre AP-switch es de 36 m. Este AP se situó a una altura de 2,20 m, con lo cual se obtiene una óptima propagación de la señal en el interior del local. (Ver Anexo VI.3)

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los AP en las áreas de la cafetería, la piscina y el salón de conferencias del segundo piso del hotel Sierra Maestra, para ello se empleó una imagen tomada del *GoogleEarth*.



**Fig.3.15** Imagen de GoogleEarth del Hotel Sierra Maestra con ubicación de los puntos de acceso.

### 3.6 Análisis económico

La realización del análisis económico se sustentó, fundamentalmente a partir de los precios que establecen Huawei y BROWAN, como los proveedores de los cuales se ha adquirido el equipamiento, para el servicio Wi-Fi instalado en Granma. Los precios para este equipamiento son variables, debido a que en el mercado internacional no hay un precio estándar. En la siguiente tabla se muestra el equipamiento empleado con sus respectivos precios.

**Tabla 3.1** Análisis del costo económico del equipamiento.

	<b>Materiales</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
1	AP BW 1253	U	1	\$ 235	\$ 238,00
2	AP BW 1330	U	1	280	283,00
3	AP BW 2251	U	1	706	709,00
4	ACCESS CONTROL BROWAN G-4200	U	1	394,26	395,26
5	SWITCH QUIDWAY LS-S2309TP	U	1	316,33	317,33
6	CABLE R&M U/UTP CAT 6LSOH (R35057)	m	150	0,41	61,50
7	PLUG MODULAR 8 CONTACTOS RJ45	U	20	0,11	20,11
8	TAPE PLASTICO 3/4X18 U 0.58 USD Z218	U	1	0,60	1,60
9	BRIDAS NYLON P/INTERIOR 3,6X292MM	U	100	0,06	100,06
10	GRAPA PAST 1" (1*100)	U	4	0,60	4,60
11	MANGUERA FLEXIBLE P/REDES	M	75	0,95	75,95
					<b>\$ 2.206,41</b>

Como se explicó anteriormente la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, emplea un modelo de negocio para la instalación de redes inalámbricas, que incluye dos variantes a las que se puede acoger el cliente hotelero. En el caso del convenio realizado con la cadena Islazul, este modelo se basa en el aporte por parte de ETECSA, de una solución integral de conexión a Internet con tecnología inalámbrica, y el socio comercializa las tarjetas prepago, correspondiéndose esto con la Variante A.

Para ello ETECSA:

- Provee e instala el enlace.
- Garantiza el equipamiento, instala la WLAN y brinda servicio de mantenimiento.
- Suministra las tarjetas para la navegación y gestiona la autenticación.
- No cobra el enlace.
- Otorga al socio hotelero una comisión del 20 % por las ventas de tarjetas.
- Cobra una cuota mensual de 15.00 CUC por AP instalado y 15.00 CUC por el arrendamiento del AC que da servicio al hotel.

Las experiencias adquiridas por ETECSA en el montaje de redes Wi-Fi, a lo largo del país y el empleo de las variantes antes descritas, muestran que este es un servicio en crecimiento y con una rentabilidad sobre la inversión de 5.0, lo que significa que por cada CUC invertido se ganan 5.0 CUC.

A pesar de estos resultados el tiempo de recuperación de la inversión es variable, y depende de factores fundamentales tales como la afluencia de clientes a las instalaciones hoteleras seleccionadas, las promociones de servicios y otros.

### **Conclusiones del capítulo**

Con la culminación de este capítulo, se ha realizado la propuesta e implementación del servicio de acceso a Internet utilizando tecnología Wi-Fi, para la cadena hotelera Islazul de la ciudad de Bayamo, tratándose específicamente el caso del hotel Sierra Maestra de esta misma ciudad.

Durante el desarrollo del mismo se tuvieron en cuenta elementos de suma importancia a la hora de diseñar una red inalámbrica de área local, como son la realización de diferentes análisis para la instalación de los AP y del resto del equipamiento necesario para el diseño del sistema, y la ejecución de un trabajo de campo que permitiera escanear la cobertura del sistema, y su correcto desempeño. También se tuvo en cuenta el estudio de factibilidad económica del servicio implementado y sus resultados para ETECSA.

## CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo se dio cumplimiento a la tarea de investigación trazada, que fue la realización del diseño y la implementación de una red Wi-Fi, capaz de brindar un servicio de acceso a Internet eficiente y con la calidad requerida, para los usuarios de la cadena hotelera Islazul en el municipio de Bayamo. Por su importancia se relacionan a continuación los resultados obtenidos durante el desarrollo del mismo:

- Se seleccionó el empleo de la tecnología Wi-Fi como alternativa, para ofrecer el servicio de navegación en Internet al cliente hotelero Islazul, lo cual se fundamentó con las ventajas que brinda este servicio de acuerdo a la movilidad, la facilidad de instalación, etc.
- Se diseñó el topológico de las redes Wi-Fi, teniendo en cuenta el estudio de variantes para el modo de empleo del equipamiento que interviene en la prestación de este servicio.
- Se realizó la descripción e instalación del equipamiento necesario, para brindar un servicio de conexión a Internet eficiente y con calidad, en cada una de las áreas de interés del hotel.
- Las herramientas informáticas Ekahau HeatMapper e inSSIDer V2.1, posibilitaron determinar las características de radiofrecuencia y los parámetros de propagación adecuados para la prestación del servicio, contribuyendo a justificar la instalación de los puntos de acceso en las áreas de interés del hotel Sierra Maestra.
- Se comprobó la factibilidad del proyecto realizado mediante la elaboración de una valoración económica que examinó el costo de implementación del servicio, el empleo de las variantes de negocio entre ETECSA y el socio hotelero y los beneficios económicos que esta tecnología aporta a ambas entidades.

**Recomendaciones**

1. Emplear este trabajo como material de estudio, para la elaboración de futuros proyectos de diseño e implementación de sistemas inalámbricos, empleando tecnología Wi-Fi.
2. Estudiar la posibilidad de extender el área de cobertura de las redes Wi-Fi, mediante la colocación de más puntos de acceso, para brindar el servicio en otras zonas, que pueden ser de interés para las instalaciones hoteleras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. E. Miquel Oliver, "REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS SEGÚN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11 " in Departamento de Matemática Aplicada y Telemática Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña, 2000.
- [2] E. L. Hernán Sigüencia, "NORMAS IEEE 802.11a, 802.11b Y 802.11g," Cuenca, 2011, pp. 30-45.
- [3] E. P. Lilian Chamorro, "Redes inalámbricas para el desarrollo en América Latina y el Caribe," A. P. E. P. D. L. COMUNICACIONES, Ed., 2008.
- [4] I. C. f. T. *Physics*, Introducción a las redes WiFi. Materiales de entrenamiento para instructores de redes inalámbricas., 2010.
- [5] informatica-hoy.com, "Clasificación de redes inalámbricas," 2014.
- [6] A. E. Pascual, "Estándares en Tecnologías Inalámbricas.," TRICALCAR, Ed., 2007.
- [7] A. E. P., Sebastián Buettrich "Topología e Infraestructura Básica de Redes Inalámbricas.," TRICALCAR, Ed., 2007.
- [8] C. N. A. Program, "Fundamentos de Redes Inalámbricas," C. Systems, Ed.: Cisco Press, 2006.
- [9] A. G. Vaca., "Redes inalámbricas (LAN)", Apatzingán: Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán.
- [10] H. S. Paz, "Tema III Sistemas inalámbricos," in Clase # 18 Estándares globales para redes inalámbricas., 2013
- [11] R. L. Barnés, "Red basada en acceso inalámbrico (Wi-Fi y WiMAX)," Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, marzo, 2008.
- [12] redsinfronteras.org, "Redes Wireless," 2015.
- [13] G. B. Gardin., "Redes LAN Inalámbricas," Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [14] N. G. Fernández, "Modelo de cobertura en redes inalámbricas basado en radiosidad por refinamiento progresivo," Principado de Asturias: Universidad de Oviedo, 2006.
- [15] R. B. F. Armando Mercado, Paul Chan Ye, "Redes inalámbricas *ad hoc*," 2012.
- [16] A. E. Pascual, "Seguridad en Redes Inalámbricas.," TRICALCAR, Ed., 2007.

- [17] V. A. Miquel, "Seguridad en redes inalámbricas.," in Trabajo ampliación de redes.: Universidad de Valencia., 2003.
- [18] J. R. R. Alejandro Carrasco Muñoz, "REDES INALÁMBRICAS Y SEGURIDAD EN REDES," Sevilla: Universidad de Sevilla, 2010.
- [19] S. Miller, ""Seguridad en WiFi"," 2011.
- [20] G. B. Gardin., "Redes LAN Inalámbricas," Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [21] P. N. Pablo Jara Werchau, "Estándar IEEE 802.11x de las WLAN," in Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. San Miguel de Tucumán: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán.
- [22] A. Vicente, "Ventajas y desventajas del WIFI.," 2013.
- [23] M. O. T. García, "MPLS. El futuro de las redes IP.," in Facultad de Ingenierías Eléctricas, Electrónica, Física y de Sistemas: Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
- [24] I. Cisco, "Virtual Private LAN Service (VPLS)," 2013.
- [25] C. F. Emilio Hernández, "Redes Locales Virtuales (VLAN)," 2004.
- [26] J. A. G. Guiza, Diseño e implementación de arquitectura, conectividad y seguridad AAA en UDNET., 2010.
- [27] Whatis.com, "Network Management System," 2014.
- [28] Huawei, "NE40," 2013.
- [29] Huawei, "CX300 AB," 2013.
- [30] B. Communications, "Public Access Control Gateway User Guide", V1.0 ", 2007.
- [31] informaticamoderna.com, "Switch para redes LAN, características y capacidades."
- [32] B. Communications, "BW1253 Dual Radio Indoor AP User Guide, V1.0," 2008.
- [33] B. Communications, "BW 1330 Dual Radio indoor AP User Guide, V1.0" 2008.
- [34] B. Communications, "BW2251 802.11a/b/g/n Dual Radio Hotspot Outdoor Access Point v1.0," 2008.
- [35] CCNA Exploration 4.0: Aspectos básicos de *networking*. Suplemento de cableado estructurado. 2009.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

(Inglés, Español)

### A

**AAA** (Authentication, Authorization and Accounting – Autenticación, Autorización y Contabilización): Es una familia de protocolos que ofrecen los servicios de Autenticación, Autorización y Contabilización. AAA se combina a veces con auditoría, convirtiéndose entonces en AAAA.

**AC** (Access Control – Controlador de Acceso): Es un dispositivo encargado de autenticar a los usuarios conectados a una red. Intercambia mensajes de control con el servidor AAA estableciendo políticas de tráfico y las listas de control de acceso por Mac y/o IP. Implementa funciones de un servidor DHCP y provee funciones de servidor WEB para la representación de los usuarios.

**Ad Hoc**: Es un modo para crear redes inalámbricas multipunto a multipunto también conocida como red en malla. Cada nodo de una red puede comunicarse con cualquier otro.

**AP** (Access Point – Punto de Acceso): Es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica.

**AES** (Advanced Encryption Standard – Esquema de Encriptación Avanzada): Es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. Desde 2006, el AES es uno de los algoritmos más populares usados en criptografía simétrica.

**ATM** (Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrona): Es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

### B

**Backbone**: Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet.

**Bluetooth**: Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz.

**BSSID** (Basic Service Set Identifier – Servicio Básico de Identificación de Paquetes): Es un nombre de identificación único de todos los paquetes de una red inalámbrica (Wi-Fi) para identificarlos como parte de esa red.

## C

**CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Evasión de Colisiones): Es un protocolo de control de acceso a redes que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión.

## D

**dBm** : unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW)

**DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol – Protocolo de Configuración Dinámica de Host): Es un protocolo de red que permite a los clientes de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.

**DSL**: (Digital Subscriber Line – Línea de Suscripción Digital): Es una familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local.

**DSLAM**: Es un multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre. El dispositivo separa la voz y los datos de las líneas de abonado.

## E

**EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution – Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM): Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G.

**EAP** (Extensible Authentication Protocol – Protocolo de Autenticación Extensible): Es una autenticación *framework* usada habitualmente en redes WLAN punto a punto.

**ETECSA**: Empresa de Telecomunicaciones de Cuba.

## G

**GPRS** (General Packet Radio Service – Servicio General de Paquetes Vía Radio): Es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.

**GSM:** (Global System for Mobile Communications – Sistema Global para las Comunicaciones Móviles): Es un sistema estándar libre de telefonía móvil digital.

## H

**HIPERLAN:** Es un estándar global para anchos de banda inalámbricos LAN que operan con un rango de datos de 54 Mbps en la de banda frecuencia de los 5 GHz.

**HomeRF:** Estándar basado en el teléfono inalámbrico digital mejorado que es un equivalente al estándar de los teléfonos celulares GSM. Transporta voz y datos por separado, al contrario que protocolos como el Wi-Fi que transporta la voz como una forma de datos.

**Hotspot** (Puntos Calientes): Es un lugar que ofrece acceso a Internet a través de una red inalámbrica y un enrutador conectado a un proveedor de servicios de Internet.

## I

**ISM** (Industrial, Scientific and Medical – Industrial, Científica y Médica): Se refiere a las bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica.

**IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos): Es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.

**IP** (Internet Protocol – Protocolo de Internet): Es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la Capa de Red según el modelo internacional OSI.

## L

**LAN** (Network Area Local – Red de Área Local): La topología de red define la estructura de una red. Una parte de la definición topológica es la topología física, que es la disposición real de los cables o medios. La otra parte es la topología lógica, que define la forma en que los hosts acceden a los medios para enviar datos.

## M

**MAC** (Media Access Control – Control de Acceso al Medio): Es el conjunto de mecanismos y protocolos a través de los cuales varios dispositivos de una red se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común.

**MIMO** (Multiple-Input Multiple-Output – Múltiple Entrada Múltiple Salida): Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos. MIMO aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial.

## **N**

**NAT** (Network Address Translation – Traducción de Dirección de Red): Es un mecanismo utilizado por enrutadores IP para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles.

**NTP** (Network Time Protocol – Protocolo de Sincronización de Red): Es un protocolo de Internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del enrutamiento de paquetes en redes con latencia variable.

## **O**

**OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales): Es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

**OSI** (Open System Interconnection - Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos): Es el modelo de red descriptivo, que fue creado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1980.

## **P**

**Partner**: socio o compañero que mantiene relaciones comerciales.

**PDA** (Personal Digital Assistant - Asistente Digital Personal): Es una computadora de mano originalmente diseñada como agenda electrónica (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura.

**PC** (Personal Computer - Computadora Personal): Es una microcomputadora diseñada en principio para ser usada por una sola persona a la vez.

**PCI** (Peripheral Component Interconnect - Interconexión de Componentes Periféricos): Es un bus de ordenador estándar para conectar dispositivos periféricos directamente a su placa base. Ejemplo Tarjetas PCI.

**PCMCIA** (Personal Computer Memory Card International Association – Asociación Internacional de Tarjetas para Computadora Personal): Son tarjetas de memoria para ordenadores personales que permiten añadir al ordenador nuevas funciones. Existen muchos tipos de dispositivos disponibles en formato de tarjeta PCMCIA: módems, tarjetas de sonido, tarjetas de red Internacional para Tarjetas de Memoria de Computadoras Personal.

**PPP** (Point-to-point Protocol - Protocolo Punto a Punto): Es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661. Comúnmente usado para establecer una conexión directa entre dos nodos de red.

**PoE** (Power over Ethernet - Alimentación a través de Ethernet): Es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre a un dispositivo de red.

## Q

**QoS** (Quality of Service - Calidad de Servicio): Es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red.

## R

**RADIUS** (Remote Authentication Dial-In User Service – Servicio Remoto de Autenticación de Usuarios): Es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

**RF** (Espectro de Radiofrecuencia): Es el término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia.

**RFID** (*Radio Frequency IDentification* - Identificación por Radiofrecuencia): es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID.

## S

**SSH** (Secure Shell – Intérprete de Órdenes Segura): Es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, y sirve para acceder a máquinas remotas a través de una red.

**SNMP** (Simple Network Management Protocol - Protocolo Simple de Administración de Red): Es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.

**STP** (Spanning Tree Protocol): Es un protocolo de red de nivel 2 del modelo OSI (capa de enlace de datos). Su función es la de gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes.

**SSID** (Service Set Identifier – Servicio de Identificación de Paquetes): Es un nombre incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica Wi-Fi para identificarlos como parte de esa red.

**SNIFFER**: Analizador de paquetes para capturar las tramas de una red de computadoras.

## T

**TCP** (Transmission Control Protocol – Protocolo de Control de Transmisión): Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Es un protocolo de comunicación orientado a conexión fiable del nivel de transporte.

**TKIP** (Temporal Key Integrity Protocol – Protocolo Temporal de Seguridad Integrada): Es también llamado hashing de clave WEP y WPA, incluye mecanismos del estándar emergente 802.11i para mejorar el cifrado de datos inalámbricos.

## U

**UDP** (User Datagram Protocol – Protocolo de Datagrama de Usuario): Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas (Encapsulado de capa 4 Modelo OSI). Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión.

**UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System – Sistema universal de Telecomunicaciones Móviles): Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM.

**USB** (Universal Serial Bus – Bus – Universal en Serie): Es un estándar industrial desarrollado a mediados de los años 1990 que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre ordenadores, periféricos y dispositivos electrónicos.

**UTP** (Unshielded Twisted Pair – Par Trenzado no Blindado): Son cables de pares trenzados sin blindar que se utilizan para diferentes tecnologías de redes locales. Son de bajo costo y de fácil uso, pero producen más errores que otros tipos de cable y tienen limitaciones para trabajar a grandes distancias sin regeneración de la señal.

## V

**VLAN** (Virtual LAN – Red de Área Local Virtual): Es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física.

**VPLS** (Virtual Private LAN Service – Servicio de LAN Privada Virtual): Es una forma de proporcionar Ethernet multipunto a multipunto basado en la comunicación sobre redes IP / MPLS.

**VPN** (Virtual Private Network – Red Privada Virtual): Es una tecnología de red que permite una extensión segura de la red local sobre una red pública o no controlada como Internet. Permite que la computadora en la red envíe y reciba datos sobre redes compartidas o públicas como si fuera una red privada con toda la funcionalidad, seguridad y políticas de gestión de una red privada.

## W

**WEB** (World Wide Web – Red Informática Mundial): Comúnmente conocida como la web, es un sistema de distribución de documentos de hipertexto o hipermedios interconectados y accesibles vía Internet.

**WECA** (Wireless Ethernet Compatibility Alliance – Alianza para la Compatibilidad de Redes Inalámbricas): Es una empresa creada en 1999 por Nokia y Symbols Technologies (entre otras empresas), con el fin de fomentar la compatibilidad entre tecnologías Ethernet inalámbricas bajo la norma 802.11 del IEEE.

**WEP** (Wired Equivalent Privacy – Privacidad Equivalente a Cableado): Es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes Wireless que permite cifrar la información que se transmite

**Wi-Fi**: Es una tecnología de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.

**WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access – Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas): Es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz y puede tener una cobertura de hasta 60 km.

**WPA** (Wi-Fi Protected Access - Acceso Wi-Fi Protegido): Es un sistema para proteger las redes inalámbricas (Wi-Fi); creado para corregir las deficiencias del sistema previo, Wired Equivalent Privacy (WEP).

**WPA2:** Es una versión de WPA considerada la versión certificada del estándar de la IEEE.

**WLAN** (Wireless Local Area Network – Red de Área Local Inalámbrica): Es un sistema de comunicaciones inalámbricas flexibles, muy utilizadas como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de éstas.

**WMAN** (Wireless Metropolitan Area Network – Red Inalámbrica de Área Metropolitana): Es una red inalámbrica que da cobertura en un área geográfica extensa.

**WPAN** (Wireless Personal Area Network – Red Inalámbrica de Área Personal): Es una red inalámbrica para la comunicación entre distintos dispositivos muy cercanos entre sí.

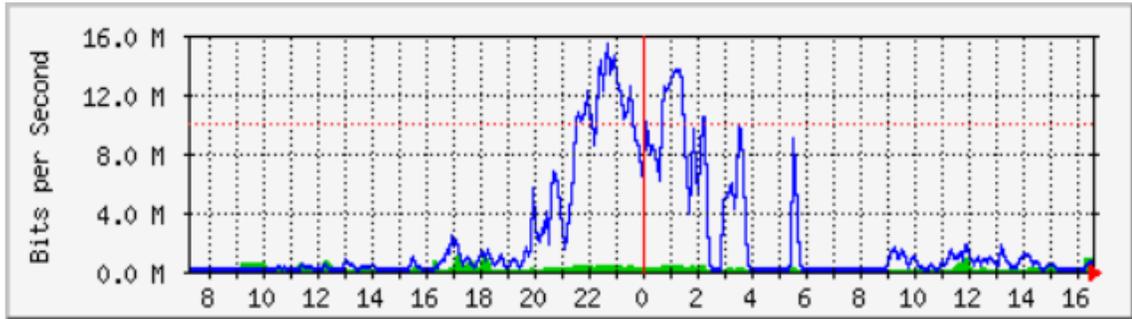
**WWAN** (Wireless Wide Area Network – Red Inalámbrica de Área Amplia): Es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas y se emplea para cubrir zonas muy extensas.

## Z

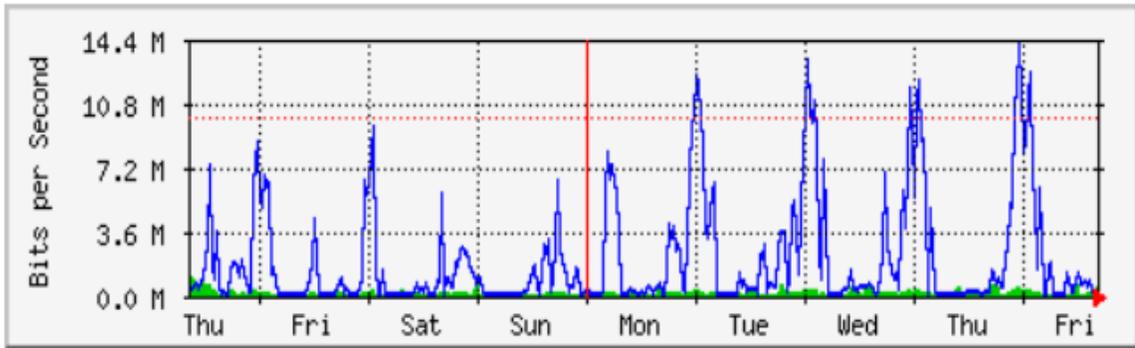
**ZigBee:** Es una especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización en radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE802.15.4 de redes inalámbricas de área personal.

**ANEXOS**

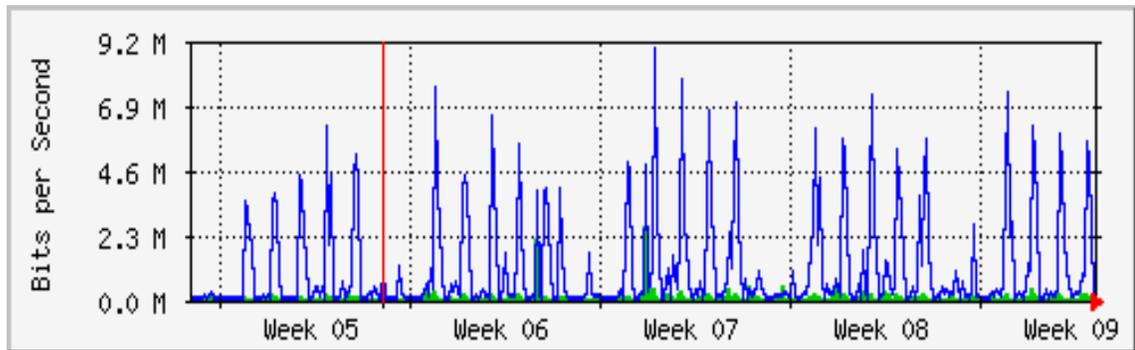
**Anexo I** Gráficos de Tráfico del AC de Islazul exportados del MRTG (febrero de 2015).



*Fig.I.1* Comportamiento diario del tráfico de datos del controlador de acceso.



*Fig.I.2* Comportamiento semanal del tráfico de datos del controlador de acceso.



*Fig.I.3* Comportamiento mensual del tráfico de datos del controlador de acceso.

**Anexo II** Imágenes del Hotel Sierra Maestra

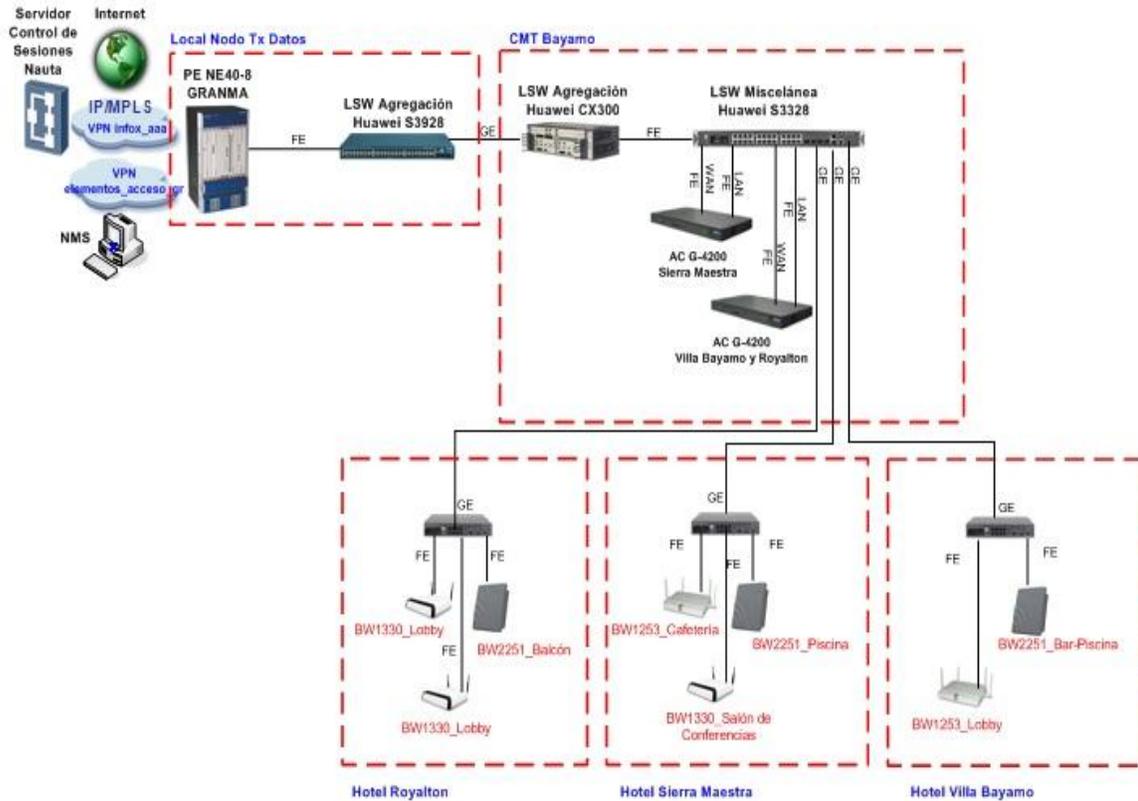


*Fig.II.1* Entrada Hotel Sierra Maestra



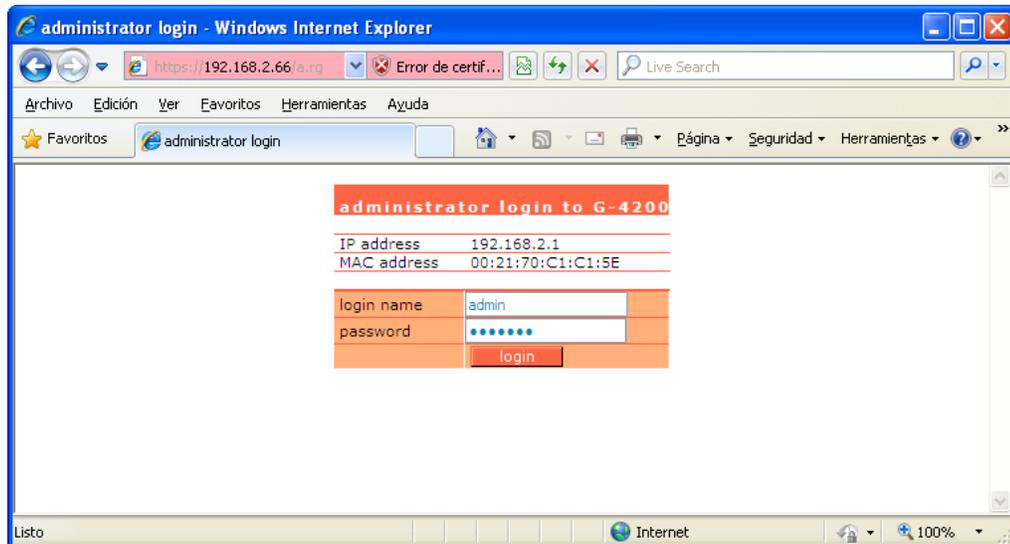
*Fig.II.2* Piscina Hotel Sierra Maestra

**Anexo III** Topológico completo para la conexión a Internet de la cadena Islazul en Bayamo.



**Fig.III.** Topológico de acceso a Internet mediante Wi-Fi de la cadena Islazul de Bayamo.

**Anexo IV** Configuración del AC G-4200



**Fig.IV.1** Interfaz de Entrada a la configuración del AC G-4200

network interface user interface **system** connection built-in AAA  
 configuration access status reset update

device statistics	
description	value
device name:	Gemtek Systems, SMB PAC, model: G-4200
firmware version:	G4200.GSI.2.22.0131
device status:	running
currently connected administrators:	admin @ 192.168.2.1 Idling: 00:00:00
uptime:	00:06:13
software runtime:	00:05:55
total memory:	63280 kB
free memory:	34548 kB
average load:	1min: 0.99 5min: 0.71 15min: 0.32
connected clients number:	0
connected clients input bytes:	0 bytes
connected clients output bytes:	0 bytes

WAN (ixp1)	
description	value
IP address:	192.168.2.66
netmask:	255.255.255.0
gateway:	192.168.2.1
MAC:	00:90:4B:BD:FE:98
DNS servers:	202.96.209.5
RX/TX:	31207/41371

LAN (ixp0)	
description	value
IP address:	192.168.3.1
netmask:	255.255.255.0
MAC:	00:90:4B:BD:FE:97
RX/TX:	0/0

services	
description	value
VLAN:	disabled
management subnet:	disabled
route:	disabled
port forwarding	disabled
DHCP servers:	enabled
RADIUS proxy:	disabled
remote authentication:	disabled

Fig.IV.2 Interfaz Principal de Configuración con los datos por defecto

### Anexo V Configuración del AP BW 1330

administrator login to BW1330

IP address	192.168.2.77
MAC address	90:FB:A6:AD:F5:F0

login name	<input type="text" value="admin"/>
password	<input type="password" value="....."/>
<input type="button" value="login"/>	

Fig.V.1 Interfaz de Entrada a la configuración del AP BW 1330

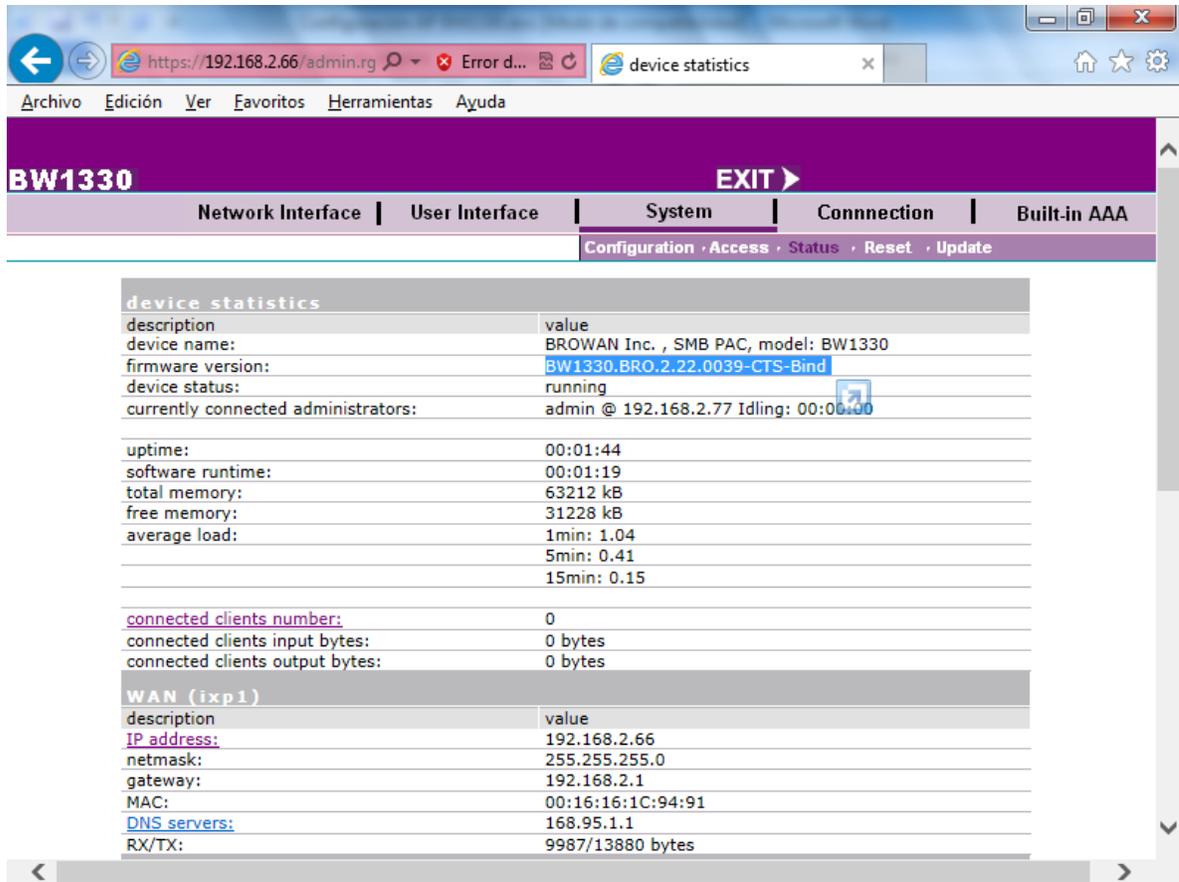


Fig.V.2 Interfaz Principal de Configuración del Sistema.

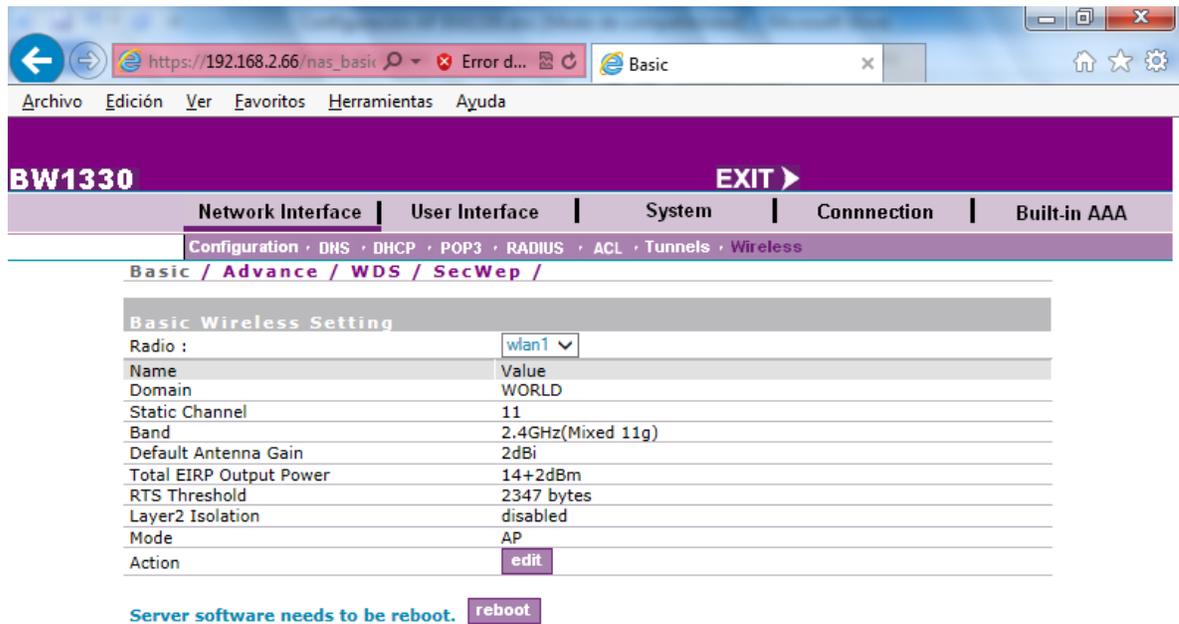


Fig.V.3 Interfaz de Configuración de la Interfaz de red

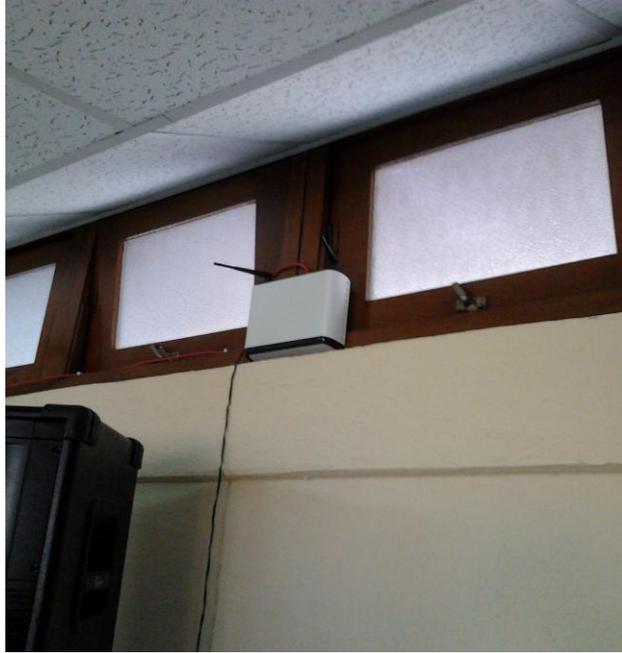
**Anexo VI** Ubicación de los puntos de acceso en el hotel Sierra Maestra.



*Fig.VI.1* Ubicación del AP BW 1253 instalado en la cafetería.



*Fig.VI.2* Ubicación del AP BW 2251 instalado en la Piscina.



**Fig.VI.3** Ubicación del AP BW 1330 instalado en el salón de conferencias.