



**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA,  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRONICA**

***Alternativas de arquitecturas de red para brindar servicio de voz sobre Wi-Fi en los Hoteles***

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Telemática**

**Maestría de Telemática**

**Autor: Ing. Miguel Fabregat Carnero  
Tutor: Dr. C. Vitalio Alfonso Reguera**

**Santa Clara, Cuba, 2016**



**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA,  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRONICA**

***Alternativas de arquitecturas de red para brindar servicio de voz sobre Wi-Fi en los Hoteles***

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Telemática**

**Maestría de Telemática**

**Autor: Ing. Miguel Fabregat Carnero  
ETECSA: [miguel.fabregat@etecsa.cu](mailto:miguel.fabregat@etecsa.cu)**

**Tutor: Dr. C. Vitalio Alfonso Reguera  
FIE, UCLV: [vitalio@uclv.edu.cu](mailto:vitalio@uclv.edu.cu)**

**Santa Clara, Cuba, 2016**



Hago constar que la presente Tesis en Opción al Título Académico de Máster en Telemática fue realizada en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de los estudios correspondientes a la 5ta edición de Maestría en Telemática.

Autorizando 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 de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

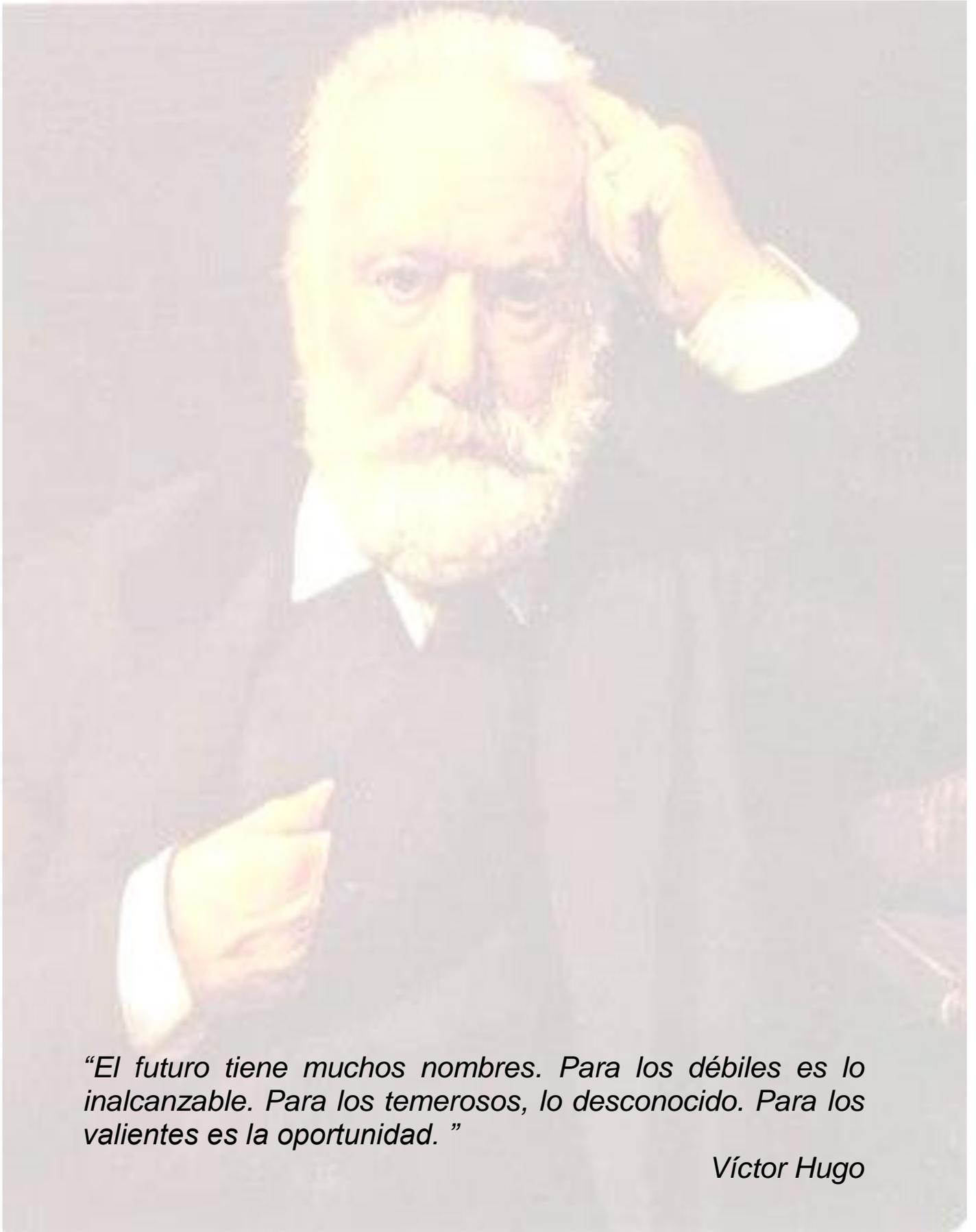
Firma del Autor

---

Firma del Jefe de  
Departamento donde se  
defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica



*“El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable. Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad.”*

*Víctor Hugo*

*Agradecimientos:*

*Les agradezco a toda mi familia, amistades y aquellas personas que siempre me han dado su apoyo tanto en los buenos como en los difíciles momentos que la vida me ha puesto por delante.*

*A todos mis compañeros de estudio y profesores que de una forma u otra me han ayudado y han contribuido a obtener esta meta.*

## Resumen

En el presente trabajo se propone una arquitectura de red que le permita a ETECSA brindar servicio de voz sobre la red de Wi-Fi existente en los hoteles. Para lograr este diseño de red se analizan los aspectos teóricos más importantes relacionados con las redes inalámbricas y las redes de VoIP, por otra parte se revisaron las tendencias a nivel mundial de la convergencia de estas dos redes tanto de los operadores como de los proveedores, buscando el método más ventajoso para los usuarios y operadores. Teniendo en cuenta lo anterior se realizan dos propuestas de implementación de servicio de VoWi-Fi, examinando su funcionamiento, ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, seleccionando la más útil y beneficiosa para ETECSA y los usuarios. Se especifican las principales características del equipamiento a utilizar y se realiza una evaluación del diseño de la red propuesta, demostrado su interoperabilidad con el resto de las redes existentes y que garantiza una calidad de servicio superior a la brindada hoy por los operadores de VoIP de internet, como el IMO, con gran aceptación en los usuarios.

## Tabla de contenido

Introducción.....	1
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS VOIP Y WI-FI.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Conceptos generales sobre VoIP. ....	5
1.3 Redes inalámbricas WLAN.....	12
1.4 Tendencias actuales de las redes VoWi-Fi.....	21
1.5 Conclusiones.....	29
CAPÍTULO 2. ARQUITECTURA DE RED PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ SOBRE WI-FI.....	30
2.1 Introducción.....	30
2.2 Arquitectura de la red Wi-Fi de ETECSA en los hoteles. ....	30
2.3 Servicio Nauta.....	32
2.4 Análisis de diferentes alternativas de arquitectura.....	34
2.5 Especificaciones técnicas del equipamiento.....	38
2.6 Elección de arquitectura.....	40
2.7 Conclusiones.....	42
CAPÍTULO 3. EVALUACION DE LOS RESULTADOS.....	43
3.1 Introducción.....	43
3.2 Calidad del servicio en redes VoIP.....	43
3.3 Softphones.....	46
3.4 Análisis de los resultados.....	49
3.5 Conclusiones.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS.....	56

Anexo 1:.....	59
Anexo 2:.....	59
Anexo 3:.....	59
Anexo 4:.....	60
Anexo 5:.....	60
Anexo 6:.....	60
Anexo 7:.....	62
GLOSARIO DE TERMINOS.....	63

## Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se encargan del estudio, desarrollo, implementación, almacenamiento y distribución de la información mediante la utilización de software y hardware. Su implantación y utilización han tenido una fuerte repercusión en el mundo, efectuándose mediante ellas cambios constantes sobre las estructuras económicas, culturales y sociales; tornándose cada vez más difícil prescindir de sus servicios en el actuar cotidiano.

Dentro de las comunicaciones, la telefonía IP se ha convertido en algo habitual en la actualidad, quedando demostrado que realmente economiza recursos pues genera un gran ahorro al no utilizar una gran cantidad de equipamiento en la red ni tener que desplegar cableado dedicado únicamente a la voz ya que esta ahora viaja como paquetes de datos a través de los enrutadores de la red IP/MPLS.

En los últimos años, las telecomunicaciones han experimentado un gran avance impulsadas, entre otros, por la evolución de las comunicaciones vía radio. Actualmente, la expansión de la tecnología Wi-Fi, acrónimo de *Wireless Fidelity* (fiabilidad sin hilos), se está produciendo con bastante aceptación mundialmente. La causa radica en el hecho que la tecnología Wi-Fi posibilita el acceso móvil a internet a costos muy asequibles.

La combinación de la voz sobre IP (VoIP) y Wi-Fi está dando lugar a la denominada voz sobre redes inalámbricas (VoWLAN), también en ocasiones referida como VoWi-Fi. La convergencia de estas dos tecnologías es otro más de los pasos que ha venido dando la evolución de las telecomunicaciones en estos tiempos. La misma proporciona significativos ahorros económicos al usuario que la utiliza ya que al encontrarse en un área con cobertura WLAN, mediante un terminal dual, es capaz de utilizar las redes públicas (GSM/GPRS/3G) proporcionando un servicio con mayor calidad a precios más económicos. Cuba ha defendido siempre el concepto de que el uso masivo de las TIC no es un fin sino una herramienta poderosa para lograr el desarrollo.

Basados en esta idea el país comenzó a desarrollar proyectos como la instalación desde el 2015 de zonas de navegación Wi-Fi públicas con el proveedor Huawei, alcanzando los parques y plazas fundamentales de las cabeceras provinciales de todo el país en aras de seguir fomentando su desarrollo tecnológico. Anteriormente ya se brindaba el servicio Wi-Fi con tecnología Browan, para acceder a internet en las instalaciones de los hoteles de las cadenas Gaviota, Islazul entre otras, con una buena aceptación de los usuarios.

A partir de que se empieza a generalizar más el uso de esta tecnología, la población ha ido ganando en conocimiento sobre las grandes bondades que brinda internet a través de los servicios que se soporta, dentro de los que se pueden mencionar las aplicaciones de voz sobre IP, ejemplo de ellas es el IMO donde los usuarios pueden establecer llamadas de voz y video hacia cualquier parte del mundo a precios muy bajos, en comparación con el costo de las llamadas tanto por la red fija como por la móvil.

Estas aplicaciones tienen como desventajas que están hospedadas en servidores internacionales que no pertenecen a la red de la empresa de telecomunicaciones ETECSA, provocando esto que los usuarios no puedan exigir sobre la calidad del servicio, seguridad de sus datos personales, realizar *interworking* con otras redes, entre otros problemas que pudieran existir. Por lo argumentado anteriormente se plantea como situación problemática: La no existencia de servicios de voz soportados en la red Wi-Fi creadas por ETECSA.

En consecuencia, en esta investigación se dará respuesta al siguiente problema científico: ¿Que arquitectura de red es más ventajosa, tanto para ETECSA como para los usuarios, para brindar servicio de voz sobre la red Wi-Fi existentes en los hoteles?

Este problema se ve enmarcado en el objeto de investigación: Servicio de voz sobre IP en redes Wi-Fi.

El objeto delimita el campo de acción: Servicios voz sobre IP en la red NGN Huawei usando como acceso la red Wi-Fi de ETECSA.

Para la solución del problema se plantea como objetivo general: Desarrollar alternativas de arquitecturas de red que permita brindar servicio de VoWi-Fi en los hoteles.

Para dar cumplimiento al objetivo general se precisan como objetivos específicos:

1. Describir las tecnologías VoIP y Wi-Fi para brindar servicios de VoWi-Fi, ventajas e inconvenientes, así como las tendencias actuales de implementación.
2. Diseñar arquitecturas de red que permitan brindar servicio de voz sobre redes Wi-Fi en los hoteles.

3. Evaluar técnicamente la propuesta de solución para la conexión a la red NGN Huawei utilizando como acceso la red Wi-Fi.

Desde el punto de vista metodológico esta investigación ofrece información acerca de topologías de voz sobre redes Wi-Fi, permitiendo a investigadores y especialistas realizar consultas sobre este tema.

El aporte práctico radica específicamente en la propuesta de una arquitectura de red que permite brindar servicio de VoWi-Fi en los hoteles.

La implementación de esta arquitectura permitirá a ETECSA brindar nuevos servicios que redundarán en mayores ingresos económicos.

En el ámbito social la población tendrá la posibilidad de comunicarse con una mayor calidad y a menor costo.

Los métodos científicos sobre los cuales se desarrolla la investigación son:

- Como métodos teóricos se emplearon: el histórico lógico que permitió contextualizar el problema de investigación, sus antecedentes y desarrollo, así como el analítico sintético para trabajar cada componente del diseño y sus relaciones y luego lograr la integración de las partes constitutivas del objeto de investigación para llegar al diseño de la red de acceso.
- Para la evaluación de la propuesta se utilizó como método empírico la monitorización de las llamadas establecidas para demostrar la validez de la arquitectura propuesta.

El presente trabajo consta de introducción, tres capítulos, donde se abarca todo lo relacionado con la investigación realizada, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. El contenido de los capítulos es:

- **Capítulo 1:** Contiene una breve introducción a la tecnología VoIP y Wi-Fi, sus características, evolución y tendencias actuales, así como una visión de las soluciones de redes que existen para brindar servicios de VoWi-Fi.
- **Capítulo 2:** Describe dos propuestas de red que permiten brindar servicio de VoWi-Fi, en las zonas Wi-Fi de la empresa en los hoteles. También se realiza un análisis del equipamiento necesario para el montaje de la red y las posibles alternativas en cuanto a modelos, fabricantes y proveedores, quedando

determinado el método más adecuado a utilizar y explicando los detalles de su implementación y configuración.

- **Capítulo 3:** Se presentan las pruebas que permiten comprobar los principios abordados en los capítulos anteriores. Se exponen los resultados mediante el uso de tablas y gráficas que ayudan a la comprensión de los mismos, llegando así a conclusiones relacionadas con respecto a la efectividad o no de la implementación del servicio y aprovechamiento óptimo de las redes Wi-Fi.

Los posibles resultados que se esperan con el desarrollo de la presente tesis son:

1. Una propuesta tecnológica viable para garantizar poder brindar servicio de voz a través de las redes Wi-Fi de ETECSA.
2. La caracterización y configuración de los principales elementos que intervienen en la red.
3. Un material de estudio para la futura implementación de este servicio en redes Wi-Fi de ETECSA.

## **CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS VOIP Y WI-FI**

### **1.1 Introducción**

Este capítulo contiene una breve introducción a la tecnología VoIP y Wi-Fi, sus características, evolución y tendencias actuales. Así como una visión de las soluciones de redes que existen para brindar servicios de VoWi-Fi.

### **1.2 Conceptos generales sobre VoIP.**

Debido al fuerte crecimiento y perfeccionamiento de las redes IP se han perfeccionado técnicas avanzadas para el transporte de voz a través de redes IP. Éstas utilizan mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como nuevos estándares que proveen de calidad de servicio a este tipo de redes.

La mejora de las características para la transmisión de voz en este tipo de redes, con la expansión que han soportado las redes IP, ha proporcionado un nuevo abanico de posibilidades aplicables a las comunicaciones de voz.

Si a lo anteriormente mencionado le suma el fenómeno internet y el ahorro económico que este tipo de tecnología introduce se puede concluir que VoIP es un tema de gran relevancia.

Implementar una red que integre los servicios de voz y datos supone estudiar las diferencias existentes entre las redes de voz y de datos, comprendiendo los problemas técnicos que se derivan de sus requisitos de servicio, y encontrar un punto de convergencia.

El principal objetivo de VoIP es el de transmitir voz a través de internet. Se puede concretar que la estructura de este estándar proporciona ventajas tales como:

- Es independiente del tipo de red física que lo soporta. Por ello permite la integración con las grandes redes IP actuales.
- Es independiente del hardware utilizado.
- Permite ser implementado tanto en hardware como software.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

Cabe destacar que la tecnología de VoIP no es un servicio como tal, sino una tecnología que usa el protocolo de internet (IP) a través de la cual se comprimen y descomprimen de manera altamente eficiente paquetes de datos, para permitir la comunicación de dos o más clientes a través de una red como la red de internet sin necesidad de disponer de circuitos conmutados convencionales. Con esta tecnología pueden prestarse servicios de Telefonía o videoconferencia, entre otros.

### Algunos de los protocolos VoIP más importantes son:

- **H.323:** se trata del protocolo definido por la ITU, originalmente fue diseñado para el transporte de video conferencia, presenta una arquitectura compleja, es seguro, utiliza RTP y presenta problema con el NAT.
- **SIP (*Session Initiation Protocol*):** corresponde al protocolo definido por la IETF, es un protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de internet. Tiene una sintaxis simple, similar a HTTP o SMTP. Posee un sistema de autenticación de pregunta/respuesta. Utiliza un mecanismo seguro de transporte mediante TLS. No tiene un adecuado direccionamiento de información para el funcionamiento con NAT.[2]
- **IAX (*Inter Asterisk eXchange*):** es un protocolo abierto de Asterisk, ratificado con la RFC 5456, proporciona control y transmisión de voz y video sobre redes IP, provee transparencia al NAT y minimiza el ancho de banda tanto para el tráfico de control como el de media. [3]
- **SCCP (*Skinny Call Control Protocol*):** Protocolo propietario usado entre el Cisco Call Manager y teléfonos IP Cisco, es transparente al NAT.
- **MGCP (*Media Gateway Control Protocol*):** utiliza un modelo centralizado (arquitectura cliente-servidor), de tal forma que un teléfono necesita conectarse a un controlador antes de conectarse con otro teléfono.

Para poder explicar el protocolo en el que se basa la creación de una sesión SIP se debe tener en cuenta en qué contexto se utiliza. Inicialmente se conoce los protocolos que se usan por debajo de SIP, en las capas de transporte, y las funcionalidades que estos proporcionan.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

El modelo de capas de internet, conocido como TCP/IP, se encuentra formado por cinco capas:



Figura 1:1 Modelos de capas de internet (TCP/IP)

Muchas aplicaciones multimedia implementaban sus propios protocolos de transporte. Los requisitos de éstas eran muy similares por lo que se optó por incluir protocolos generales en la capa de transporte.

**Los protocolos de la capa de transporte son:**

### **TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL)**

Permite que dos usuarios establezcan una conexión y proporciona la fiabilidad de entrega de datos entre ellos, es decir, que los datos no se pierdan durante la transmisión y que los paquetes se entreguen en el mismo orden en el que fueron enviados. TCP también realiza el control de flujo y corrección de errores.

Es importante destacar el concepto de “puerto”: TCP proporciona al usuario final el demultiplexado de los paquetes IP recibidos por distintas aplicaciones. Dado que todos los paquetes que llegan contienen la misma dirección IP de destino es necesario un identificador para tener en cuenta a que aplicación pertenece cada paquete. Esto es lo que se conoce como puertos TCP. Cada aplicación utiliza uno o varios puertos TCP distintos entre ellos.

### **UDP (USER DATAGRAM PROTOCOL)**

Se utiliza sobre todo cuando no se necesita fiabilidad en la comunicación. En este caso se debe centrar en servicios de tiempo real por internet. Para ello es necesaria la implementación de nuevos protocolos que junto a la capa de transporte proporcione la fiabilidad y calidad necesaria. Se creó internet Multimedia *Conferencing Architecture*.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

Los servicios avanzados en tiempo real necesitan transmitir diferentes tipos de datos (video, audio, datos). IETF desarrollo protocolos específicos para los servicios de multimedia. Las aplicaciones son capaces de utilizarlos según su necesidad. En este caso, SIP es una parte de la arquitectura multimedia de internet.

Junto con el protocolo SIP también se utilizan los protocolos RTP, RTCP y SDP. A continuación se detalla las características de cada uno de ellos.[4]

### **RTP (Real Time Protocol)**

Para que las aplicaciones multimedia puedan funcionar es necesario el uso de un protocolo de transporte con características diferentes al TCP y con mayor funcionalidad que el UDP. Para satisfacer estas necesidades se creó RTP.

Aunque se trata de un protocolo de la capa de transporte se considera un protocolo de la capa aplicación ya que involucra una cantidad importante de funciones que son específicas para aplicaciones multimedia.

Este protocolo es capaz de proporcionar funciones *end-to-end* comunes para varias aplicaciones, ya sean de audio o video.

#### **Estas funciones se resumen en la siguiente lista:**

- Comunicar la elección del esquema de codificación de los datos.
- Determinar la relación temporal entre los datos recibidos.
- Sincronizar los distintos medios.
- Indicar la pérdida de paquetes.
- Indicar límites de tramas en los datos.
- Identificación de usuarios.

### **RTCP (Real Time Control Protocol)**

Se trata de un protocolo de comunicación que facilita información de control de un flujo de datos para una aplicación multimedia. Proporciona sincronización de los flujos RTP. Da una idea de cómo se está desempeñando la aplicación. Además proporciona información de los miembros de la sesión y de la calidad de la comunicación.

RTCP informa de cuantos paquetes se han perdido en la comunicación, por lo que el emisor es capaz de determinar la calidad que el receptor está percibiendo.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

### **SDP (Session Description Protocol)**

Se trata de un protocolo con el que especificar la información necesaria para la descripción de una sesión en tiempo real. SDP juega un rol importante en conjunción con SIP. Con la creciente importancia de la voz sobre IP, SIP ha atraído mucha atención y tiene su propio grupo de trabajo en la IETF.

#### **SDP incluye la siguiente información:**

- El nombre y propósito de la sesión.
- Tiempos de inicio y fin de la sesión.
- Los tipos de medios que comprende la sesión.
- Información detallada necesaria para establecer la sesión, como es la dirección de IP, el protocolo de transporte utilizado, los puertos involucrados y los esquemas de codificación.

### **SIP (Session Initiation Protocol)**

SIP es un protocolo desarrollado por IETF MMUSIC *Working Group* con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas donde intervienen elementos multimedia como el video, la voz, la mensajería instantánea, los juegos online y la realidad virtual.

En Noviembre del año 2000, SIP fue aceptado como el protocolo de señalización de 3GPP y elemento importante de la arquitectura IMS (*IP Multimedia Subsystem*). SIP es uno de los protocolos de señalización para voz sobre IP, otro es H.323.

Se puede definir SIP como un protocolo que adquiere diversas funciones de otros protocolos, las da por válidas y no las desarrolla. SIP funciona en colaboración con otros muchos protocolos.

Este protocolo se centra en el establecimiento, modificación y terminación de la sesión. Tal y como se ha comentado en el punto anterior, se complementa con otros protocolos como SDP (que describe el contenido multimedia de la sesión) así como RTP. Este es el portador del contenido de voz y video que se producen en las comunicaciones establecidas por SIP.[4]

SIP se basa en el protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) y, como éste, SIP es un protocolo de pregunta/respuesta. Para entender este mecanismo se examinará las definiciones de cliente y servidor.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

**CLIENTE:** Se trata de una entidad SIP que genera solicitudes.

**SERVIDOR:** Se trata de una entidad SIP que recibe solicitudes y devuelve respuestas.

### Solicitudes SIP

En el núcleo del funcionamiento de SIP se han definido seis tipos de peticiones, cada una de ellas con un propósito particular. Estas contienen un campo llamado método que denota este propósito. Este campo puede ser de 6 tipos:

- *INVITE*: Se utiliza para invitar a los usuarios a participar en una sesión.
- *ACK*: Se utilizan para reconocer la recepción de una respuesta final a un *INVITE*.
- *OPTIONS*: Preguntan a un servidor sobre sus capacidades, sin establecer la llamada.
- *BYE*: Se utiliza este tipo de petición para abandonar las sesiones.
- *CANCEL*: Se utilizan para cancelar la transacción pendiente.
- *REGISTER*: Los usuarios envían una petición *REGISTER* a un servidor para informar acerca de su ubicación actual.

### Respuestas SIP

Tras la recepción de una solicitud, el servidor envía una o varias respuestas. Cada respuesta tiene un código que indica el estado de la transacción. Éstas pueden ser de distintas clases tal y como se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 1:1 Respuestas SIP**

Rango	Clase de respuesta
100 - 199	Informativa
200 - 299	Éxito
300 - 399	Redirección
400 - 499	Error cliente
500 - 599	Error servidor
600 - 699	Error global

Una respuesta con un código entre el 100 y 199 indica que es provisional. Entre 200 y el 699 indica que son respuestas finales. Una transacción SIP entre cliente y servidor comprende desde la pregunta del cliente, una o más respuestas provisionales, hasta una respuesta final.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

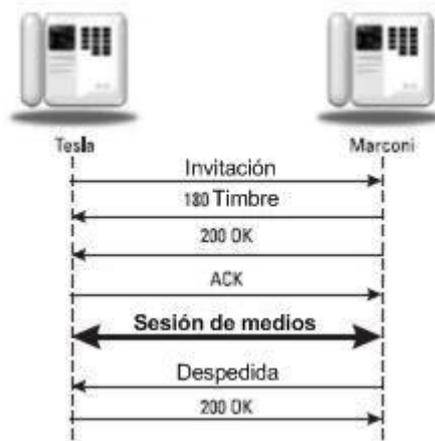


Figura 1:2 Ejemplo del establecimiento de una llamada SIP [3]

Los proveedores de servicios han renovado sus redes basado en lo que se denomina redes NGN (*Next Generation Network*) para el uso de tecnología VoIP.

La red NGN es una red basada en paquetes, capaz de proveer servicios de telecomunicaciones y de hacer uso de tecnologías de banda ancha y transporte con QoS habilitada, y en la cual las funciones relacionadas al servicio son independientes de las tecnologías de acceso. Ofrece acceso no restringido por usuario a diferentes proveedores de servicio y soporta movilidad generalizada. Se enfoca principalmente en aplicaciones de voz.

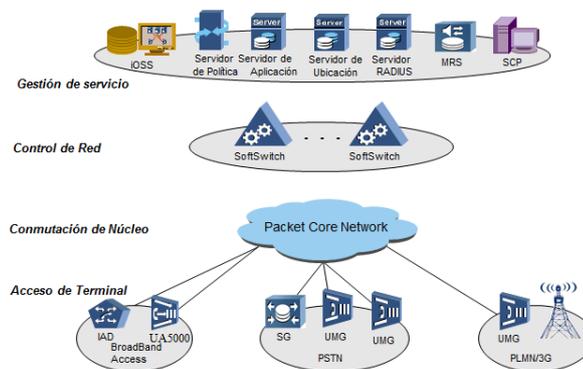


Figura 1:3 Arquitectura de una red NGN [4]

El Softswitch es un dispositivo que provee control de llamada y servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes. Un Softswitch sirve como plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios. Una característica clave es su capacidad de proveer a través de la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento, además permite ofrecer servicios de voz

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

avanzados así como nuevas aplicaciones multimedia, las cuales se caracteriza por capacidad para transferir el control de una llamada a otro elemento de red, inteligencia para controlar los servicios de conexión asociados a los MG (Media Gateway) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo nativo, enrutamiento de las llamadas en función de la señalización y de la información almacenada en la base de datos de los clientes, separa los servicios y el control de llamadas, puede existir con las redes tradicionales de redes conmutadas, así como proveer los servicios de la tecnología de conmutación de paquetes, posee interfaces con funciones de gestión, los servicios que pueden soportar incluye voz, fax, vídeo y datos, los dispositivos finales incluyen teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadores y más.[5]

### 1.3 Redes inalámbricas WLAN

Las redes inalámbricas, WLAN o Wireless como son más conocidas, son un tipo de redes surgidas de la necesidad de facilitar la movilidad de los usuarios.

Cuando se habla de Wi-Fi se refiere a una de las tecnologías de comunicación inalámbricas más utilizadas hoy en día. Genéricamente las redes inalámbricas son conocidas como WLAN. Wi-Fi es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones IEEE 802.11.[6]

La IEEE 802.11 define cuatro posibles opciones RF para la elección de la capa física: luz infrarroja en banda base, FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) y OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

Las WLAN por infrarrojos son aquellas que usan el rango infrarrojo del espectro electromagnético para transmitir información mediante ondas por el espacio libre y se sitúan en altas frecuencias justo por debajo del rango de frecuencias de la luz visible, permitiendo dos velocidades de transmisión de 1 Mbps y 2 Mbps.

Una segunda tecnología es la tecnología de espectro ensanchado, que utiliza todo el ancho de banda disponible en lugar de utilizar una portadora para concentrar la energía a su alrededor. Por sus características sobresale sobre otras tecnologías de radiofrecuencias (como la de banda estrecha, que utiliza microondas), ya que, por ejemplo, posee excelentes propiedades en cuanto a inmunidad contra interferencias y a sus posibilidades de encriptación. Destacan la tecnología FHSS y el DSSS.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

La tecnología FHSS consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo inferior a 400 ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y continúa transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo. Esta técnica utiliza la banda de los 2,4 GHz, en la cual se organizan 75 canales con un ancho de banda de 1 MHz cada uno, donde el número de saltos por segundo es regulado por cada país. El orden en los saltos en frecuencia se determina según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, y que tanto el emisor y el receptor deben conocer. Así, empleando sincronización en los saltos de frecuencias a nivel lógico se mantiene un sólo canal por el que se realiza la comunicación, aunque en el tiempo se cambie de canal físico. El estándar IEEE 802.11 define como modulación aplicable en este caso FSK (*Frequency Shift Keying*), con una velocidad de 1 Mbps ampliable a 2 Mbps. Esta limitación en velocidad está establecida por las regulaciones de la FCC que restringe el ancho de banda de cada subcanal a 1 MHz. El mecanismo FHSS provee un margen de seguridad a la red, pues impide a un intruso intervenir las transmisiones, si no conoce el patrón de saltos en frecuencia de la comunicación en curso. En larga distancia, posee buena resistencia al problema de desvanecimiento por multicamino y es relativamente resistente a la interferencia RF.[7]

La técnica DSSS genera un patrón de bits redundante para cada bit que sea transmitido, este patrón de bit es llamado código chip. Entre más grande sea este chip, es más grande la probabilidad de que los datos originales puedan ser recuperados (pero, por supuesto se requerirá más ancho de banda). La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker, y permite aumentar la resistencia al desvanecimiento por multicamino y la interferencia de la señal transmitida, gracias a la propiedad pseudo aleatoria del código empleado. Sólo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original.[8] El estándar IEEE 802.11 ha definido dos tipos de modulación para la técnica DSSS, la modulación DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*) y la modulación DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*), que proporcionan una velocidad de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.[9]

Por otro lado, el método OFDM divide los datos en flujos de datos paralelos, cada uno transmitido con su propia frecuencia portadora. Dado que las frecuencias portadora son ortogonales entre sí, no se afectan entre ellas durante la transmisión, lográndose tasas de transmisión de hasta 54 Mbps en la banda de 2,4 GHz y 5 GHz.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

Para el caso de 52 frecuencias diferentes, 48 son de datos y 4 de sincronización. Es considerado una manera de espectro ensanchado, diferente a CDMA (*Code Division Multiple Access*) o FHSS. OFDM posee una mayor inmunidad a la interferencia y emplea mecanismos de codificación del tipo QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) para velocidades mayores a 18 Mbps.[10]

Por encima de la capa PHY (capa física) se encuentra la subcapa MAC que define los mecanismos de acceso a la red inalámbrica. La norma IEEE 802.11 define la capa de enlace dividida en dos subcapas: la subcapa LLC y subcapa MAC.

Los protocolos 802.11 emplean la misma subcapa 802.2 LLC y el direccionamiento de 48-bit de otras 802 LANs, permitiendo la fácil comunicación entre redes inalámbricas y redes alámbricas IEEE. La subcapa MAC es similar al 802.3, que está diseñado para soportar múltiples usuarios en un medio compartido, donde el transmisor evalúa el medio antes de acceder a él.[11]

El nivel MAC del estándar 802.11 se compone de dos funcionalidades básicas: PCF (*Punctual Coordination Function*) y DCF (*Distributed Coordination Function*), definiéndose la función de coordinación como la función que determina, dentro de un SSID, cuándo una estación puede transmitir o recibir unidades de datos de protocolo a nivel MAC a través del medio inalámbrico.[11]

La función de coordinación distribuida se basa en técnicas de acceso aleatorias al medio. El tráfico que se transmite es de carácter asíncrono ya que estas técnicas introducen retardos aleatorios y no predecibles ni tolerados por los servicios síncronos. El DCF está implementado en todas las estaciones en la red inalámbrica y no emplea ningún tipo de control central. Las características del DCF se resumen en los siguientes puntos: utiliza MACA (*MultiAccess Collision Avoidence*), es decir CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidence*) con RTS/CTS como protocolo de acceso al medio, requiere reconocimientos ACK que provocan retransmisiones si no se recibe, cuando una estación identifica el fin de una transmisión espera un tiempo aleatorio antes de transmitir su información, disminuyendo así la posibilidad de colisiones.

La capa MAC opera junto con la capa física censando la energía sobre el medio de transmisión de datos. La capa física utiliza un algoritmo de estimación de desocupación de canales para determinar si éste está libre. Esto se cumple midiendo la energía RF de la antena y determinando la potencia de la señal recibida.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

El mecanismo CSMA/CA en un entorno inalámbrico presenta una serie de problemas. Los dos principales problemas que se puede detectar son[12]:

- **Nodos ocultos:** una estación cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo que no lo detecta.
- **Nodos expuestos:** una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que detecta no le interferiría para transmitir a otro destino.

La solución que propone 802.11 se denomina MACA, antes de transmitir el emisor envía una trama RTS (*Request To Send*), indicando la longitud de datos que quiere enviar y difunde el NAV (*Network Access Vector*), tiempo de retardo basado en el tamaño de la trama contenido en la trama RTS de solicitud) a todos los demás nodos para que queden informados de que se va a transmitir y cuál será la duración de la transmisión. El receptor le contesta con una trama CTS (*Clear To Send*), repitiendo la longitud. Al recibir el CTS, el emisor envía sus datos. Aun así, permanece el problema de que las tramas RTS sean enviadas por varias estaciones a la vez, sin embargo estas colisiones son menos dañinas ya que el tiempo de duración de estas tramas es relativamente corto. Dado que RTS/CTS añade sobrecarga adicional a la red por reserva temporal del medio, es típicamente usado sólo para transmitir paquetes de tamaño largo como datos.[12]

Por encima de la funcionalidad DCF se sitúa PCF, asociada a las transmisiones libres de contienda que utilizan técnicas de acceso deterministas. El estándar IEEE 802.11, en concreto, define una técnica de interrogación circular desde el punto de acceso para este nivel, preguntando a cada estación si tienen paquetes para transmitir. Esta funcionalidad está pensada para servicios de tipo síncrono que no toleran retardos aleatorios en el acceso al medio, pues no ocurren colisiones en el medio.

Un aspecto de interés es que PFC es totalmente compatible con el modo DFC, observándose que el funcionamiento es transparente para las estaciones. De esta manera, una estación se asociará de modo que pueda actuar en el período CFP (*Coordinated Function Period*), declarándose como *CFPollable*, o por el contrario, situará su NAV según indique el punto de coordinación. [11]

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

Existe un nodo organizador o director, llamado punto de coordinación o PC (*Point Coordination*) que tomará el control mediante el método PIFS (*Priority InterFrame Spacing*), y enviará un *CF-Poll* a cada estación que pueda transmitir en CFP, concediéndole poder transmitir una trama MPDU (*MAC Protocol Data Unit*). El PC mantendrá una lista de sondeo donde tendrá todos los datos de las estaciones que se han asociado al modo *CF-Pollable*. Para ello, el nodo utilizará una trama para la configuración de la supertrama, llamada Beacon que contiene los parámetros del sistema e invita a las nuevas estaciones a unirse al servicio de sondeo (*polling*), donde una vez asociados está garantizado un fragmento del ancho de banda disponible y un nivel mínimo de calidad de servicio.

Sin embargo, este sistema no es capaz de diferenciar los tipos de tráfico, solo diferencia a los clientes, y tratará igual tanto a un cliente que deba transmitir video, como al que espere emitir datos o voz.

Puesto que cada servicio, cada tipo de tráfico, tiene unas necesidades diferentes, es preciso diferenciarlo y aplicarle un tratamiento individual acorde a sus requerimientos. Este proceso recibe el nombre de calidad de servicio y se referencia por las siglas QoS (*Quality of Service*).

Para conseguir este objetivo y minimizar los problemas en la transmisión de contenido multimedia, existieron protocolos propietarios, pero en un entorno como el de las redes Wi-Fi, donde es posible tener control sobre los puntos de acceso pero no sobre los clientes, donde suelen convivir distintos dispositivos y de distintos fabricantes, no resultaba funcional ni se obtenían los resultados deseados. Fue con la llegada del protocolo 802.11e[13] y su respaldo por parte de la Wi-Fi Alliance con su certificación *Wireless Multimedia Extension* (WME), más conocida como *Wi-Fi MultiMedia* (WMM), cuando la QoS llegó al mundo Wi-Fi.

La norma 802.11e clasifica el tráfico en cinco categorías, dependiendo las necesidades y características del tráfico. Estas categorías ordenadas de la más prioritaria a menos prioritaria son:

- Voz (AC\_VO): A esta categoría pertenecerá el tráfico de Voz.
- Video (AC\_VI): Categoría en la que se encuadrará el tráfico de video que necesite prioridad.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

- “*Best Effort*” (AC\_BE): Tráfico que deberá transmitirse tan pronto como sea posible, tras atender a aquel que le sea más prioritario. Tráfico de este tipo podría ser una sesión Telnet o de control remoto de un equipo, tráfico que aunque no sea tan crítico como los anteriores si será sensible a lentitud y pérdidas, dando sensación al usuario de falta de respuesta.
- “*Background*” (AC\_BK): Es el tráfico que no entra en ninguna de las otras categorías. Es el tráfico de fondo o de relleno, de aquellas aplicaciones que no necesitan un tratamiento especial, como puede ser correo electrónico, la transferencia de ficheros o el acceso a páginas WEB.
- “*Legacy DCF*”: Esta no es realmente una categoría contemplada en la norma 802.11e, pero aun así es un grupo de tráfico que recibe un tratamiento diferente. Engloba a todo el tráfico que no tenga tratamiento prioritario, normalmente gestionado por equipos que no cumplen con la norma 802.11e y por tanto no se engloba en ninguna de las categorías que la norma prevé. Por esta razón, no tener indicación de la prioridad con que ha de ser tratado, será el menos prioritario de todos.

Esta norma amplía los sistemas de control existentes hasta el momento, DCF y PCF, con un nuevo esquema denominado HCF (*Hybrid Coordination Function*) que define dos métodos de acceso al canal para la emisión de datos, priorizando aquellos que más sensibles sean: *Enhanced Distributed Channel Access* (EDCA) y *HCF Controlled Channel Access* (HCCA).[14]

Acceso a Canal Distribuido Mejorado (EDCA) consiste en la variación de los de los temporizadores presentes en los controles estándar de las redes Wi-Fi. Para comprender el funcionamiento, previamente será necesario conocer los mecanismos que regulan el momento de transmisión de los clientes y su acceso al medio.

Añadido a la regulación impuesta por los controles DCF (que a su vez se compone de los controles CSMA/CA y RTS/CTS), existe una regularización en el momento de acceso a la red, principalmente orientado a evitar la monopolización del canal por un terminal y minimizar el acceso simultáneo al canal de dos o más terminales.

Para ello, un cliente que ha transmitido datos, no podrá volver a transmitir hasta pasado un tiempo fijo, que recibe el nombre de (AIFS). Esta espera posibilita a otros sistemas tener la oportunidad ocupar el canal y transmitir, pues de otra forma una sola estación podría estar emitiendo continuamente no dando opción a otra a hacerlo pues

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

siempre verían el canal ocupado y según el protocolo CSMA/CA no podrían transmitir para evitar colisiones.

Para minimizar la situación en que los terminales que deseen emitir comprueben la ocupación del canal simultáneamente y emitan colisionando, y lo que es más importante, que entren en un bucle en el cual siempre comprueben la ocupación del canal y emitan a la vez, tras esperar el tiempo AIFS, realizarán una segunda espera, durante un tiempo aleatorio que recibe el nombre de *Contention Window* (CW). Este valor será obtenido como un tiempo aleatorio entre un valor máximo y uno mínimo fijado en la red. De manera que, dado su carácter de aleatoriedad evitara en gran medida que dos terminales accedan al medio en el mismo instante.

La variante de la norma 802.11e basada en el algoritmo EDCA actúa sobre estos tiempos, AIFS, CW máximo y CW mínimo. En base a las cuatro categorías que contempla la norma, fija unos valores de tiempo AIFS menores para las más prioritarias con respecto a las menos prioritarias. Así mismo los valores de CW máximo y CW mínimo serán menores cuanto más prioritaria es la clase de tráfico. Todos estos valores, claramente serán menores que los valores adjudicados para el tráfico que no cumple con la 802.11e.

Puesto que los tiempos que ha de esperar el tráfico más prioritario para volver a transmitir, será menor que el tráfico menos prioritario, estadísticamente se favorecerá la transmisión del tráfico más sensible y perteneciente a una clase de mayor prioridad que el menos sensible.

El sistema acceso a canal controlado HCF (HCCA) de QoS sobre redes Wi-Fi es más avanzado que el EDCA y permite un mejor control del tráfico emitido en la red. Sin embargo se considera opcional dentro de la certificación Wi-Fi WMM. Su carácter no obligatorio, junto con la mayor complejidad de implementación hace que pocos puntos de acceso y clientes Wi-Fi lo implementen.

Se puede entender el HCCA como una variación más elaborada del PCF. Un punto de acceso que cumpla con HCCA, enviará una trama a cada uno de los clientes de forma secuencial, interrogándolos con el objeto de saber si disponen de tráfico para enviar, al igual que en el protocolo PCF.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

La diferencia consiste en que ante esta trama los clientes no responderán con un mensaje indicando que no disponen de tráfico para transmitir, o transmitiéndolo en caso contrario, si no que informarán al punto de acceso de si disponen de tráfico, y que tipo de tráfico, es decir, cuanto tráfico en cada una de las categorías previstas por la norma 802.11e tienen esperando para ser enviado.

El punto de acceso, con el conocimiento del tipo de tráfico que tiene cada uno de los clientes, decidirá cuál de ellos ha de transmitir. Así pues será el punto de acceso quien indicara a los clientes elegidos que pueden transmitir y el intervalo de tiempo que tienen para hacerlo. Con ello, al tener un director del tráfico con conocimiento y datos objetivos de decisión, se consigue una transmisión ordenada y que proporciona la calidad de servicio deseada.

Por su parte, los clientes deberán tener varias colas de espera, donde almacenarán los paquetes de cada una de las categorías por separado, para ser enviadas cuando el punto de acceso se lo indique. Así mismo deberán implementar un algoritmo de calidad que permita priorizar el tráfico de las diversas categorías y enviarlo de la forma adecuada cuando tenga posesión del canal.

En la Figura 1.4 se muestra la arquitectura genérica de QoS provista por el IEEE 802.11e que es la base fundamental de QoS de la familia IEEE 802.11.

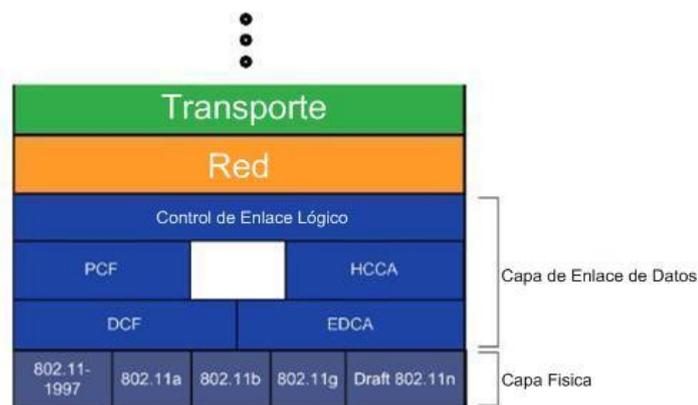


Figura 1:4 Arquitectura genérica de QoS provista por el 802.11e.

A continuación se destaca los siguientes estándares:

- IEEE802.11a: hasta 54 Mbps (megabits por segundo) de velocidad disponible, velocidad práctica de 22 Mbps, fue implementada en 1999, trabaja en la frecuencia de 5GHz y un ancho de banda de 20 MHz.[15]

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

- IEEE802.11b: hasta 11 Mbps de velocidad disponible, 6 Mbps de velocidad práctica, se trata del protocolo menos usado hoy en día. trabaja en la frecuencia de 2,4GHz y un ancho de banda 22 MHz.[16]
- IEEE802.11g: hasta 54 Mbps de velocidad disponible, 22 Mbps de velocidad práctica, trabaja en la frecuencia de 2,4 GHz, con un ancho de banda de 20 MHz, fue implementado en el 2003.[17]
- IEEE802.11n: hasta 600 Mbps de velocidad disponible y 100 Mbps de velocidad práctica. Se trata del protocolo más usado hoy en día, trabaja en la frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz, el ancho de banda puede ser configurado de 20 MHz o 40MHz, fue implementado en el 2009.[18]
- IEEE802.11ac: hasta 6.93 Gbps de velocidad disponible y 100 Mbps de velocidad práctica, trabaja en la frecuencia de 5 GHz, el ancho de banda puede ser hasta 160 MHz, fue implementado en el 2013.[19]
- IEEE802.11ad: hasta 7.13 Gbps de velocidad disponible y 6 Gbps de velocidad práctica, trabaja en la frecuencia de 60 GHz, con un ancho de banda de hasta 2.16 GHz, fue implementado en el 2012.[20]
- IEEE802.11ah: trabaja en la frecuencia de 0,9 GHz, los anchos de canal utilizados en este nuevo estándar serán de 4, 8 y 16MHz para aplicaciones que necesiten una alta velocidad, sin embargo, lo más normal será encontrarse anchos de canal de 1MHz y 2MHz, este estándar no está orientado a la velocidad, sino a la cobertura y a la penetración del internet de las cosas, actualmente el Wi-Fi *HaLow* está en “*draft*” o borrador.[21]

Una vez conocidos sus estándares más comunes hay que destacar que tanto sus velocidades como su alcance (unos 100-120 metros del punto de acceso y hasta 300 metros en espacio abierto) lo convierten en una fórmula perfecta para tener acceso a internet sin cableado.

Para disponer de una red inalámbrica es necesario un punto de acceso que se conectaría a la red (internet), y un dispositivo Wi-Fi para conectarse a la red. Entre sus ventajas respecto a otro tipo de redes se puede destacar la relación costo-complejidad de Wi-Fi.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

Las limitaciones de Wi-Fi impiden probablemente crear una red de servicio de calidad a millones de usuarios en cualquier área geográfica. Pero sus ventajas permiten crear una red de ámbito limitado de manera rápida y barata.

### 1.4 Tendencias actuales de las redes VoWi-Fi

VoWi-Fi responde a la fusión de las siglas de *Voice over Internet Protocol* (voz sobre protocolo de internet) y Wi-Fi.

La unión de las tecnologías Wi-Fi y VoIP con toda seguridad se impondrá como la telefonía móvil del futuro. VoWi-Fi es una tecnología híbrida que aprovecha lo mejor de cada uno de sus componentes: Wi-Fi le aporta la libertad de las comunicaciones sin hilos y el ahorro de costes en infraestructura de cableado, y VoIP le aporta la convergencia sobre IP con la consecuente reducción de costes en telecomunicaciones.

Las primeras soluciones VoWi-Fi tenían limitaciones que ralentizaban su adopción y afectaban a la experiencia de los usuarios finales. Gracias a las actuales soluciones VoWi-Fi de clase operadora compatibles con dispositivos sin tarjeta SIM como los tablets que sólo incluyen conectividad Wi-Fi la VoWi-Fi crecerá significativamente en los próximos años.[22]

- En 2016, el tráfico VoWi-Fi superará al tráfico de voz sobre LTE (VoLTE) en número de minutos consumidos por año.
- En 2018, el tráfico VoWi-Fi superará al tráfico de voz sobre IP (VoIP) en número de minutos consumidos por año.
- En 2020, los minutos VoWi-Fi consumidos supondrán algo más de la mitad -el 53%- de todo el tráfico de voz IP móvil.
- En 2020, el número de PCs y tablets compatibles con Wi-Fi (1.700 millones) superará en más de 3 veces el número de PCs y tablets compatibles con conectividad celular (548 millones)

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

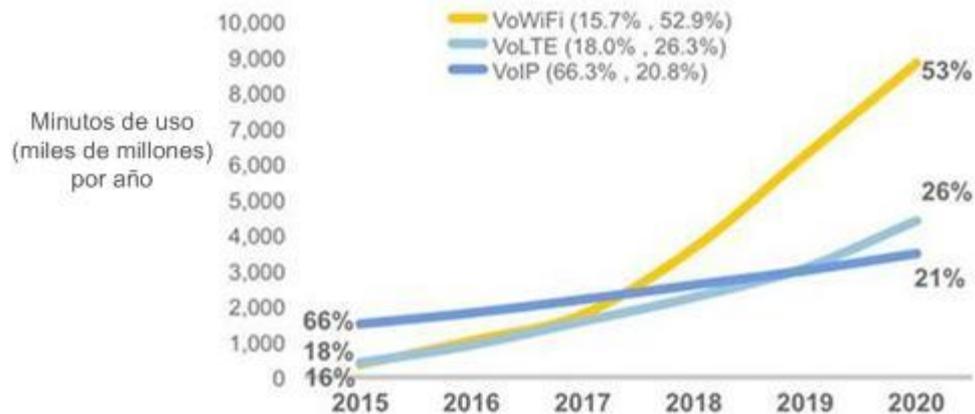


Figura 1:5 Uso de minutos de voz entre VoWi-Fi, VoLTE y VoIP.[22]

Durante años, las llamadas de voz se han transmitido a través de Wi - Fi en forma de aplicaciones OTT como Skype. El problema con las aplicaciones OTT desde la perspectiva de un operador es que el operador pierde el control y los ingresos.

La transmisión libre (*over-the-top*), en el contexto de las nuevas tecnologías de la comunicación suele citarse por su sigla OTT. Se refiere a los servicios y contenidos, principalmente de audio y vídeo, que se transmiten a través de infraestructuras de banda ancha sin que los operadores y sus redes puedan controlar su distribución; de ahí la equivalencia propuesta: de transmisión libre. Servicios de mensajería instantánea, vídeo conferencias y de llamadas de voz sobre IP (VoIP) como:

- **Skype:** Es posiblemente la aplicación de videoconferencia más conocida. Además de su aplicación existente tanto para PC como para Mac, existe una aplicación para móviles. Las llamadas ya sean por audio o vídeo son gratuitas si se realizan a través de conexión Wi-Fi mientras que a través de 3G poseen precios altamente competitivos que se convierten en una alternativa muy interesante para las llamadas telefónicas internacionales.
- **Viber** es otra de las aplicaciones que nos permiten audio conferencias e intercambio de mensajería de texto de manera gratuita a través de la red 3G y Wi-Fi. Existen versiones para smartphones (iPhone, Android). Esta empresa es posiblemente una de las que tenga más fallos de seguridad y en muchos de los blogs de informáticos que se han consultado tiene las peores características técnicas y unas condiciones de contrato igual de confusas que las otras aplicaciones.
- **Tango:** Es una aplicación que permite la realización de llamadas de audio, video conferencias y sistema de mensajería gratuita a través del móvil

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

utilizando 3G. Disponible para Android, iPhone y en muy poco tiempo para *Windows Mobile*.

- **IMO:** Es una aplicación para Android de mensajería instantánea multiprotocolo (IM), con soporte para muchas de las aplicaciones de mensajería más utilizadas en la actualidad: Facebook, Google Talk, Skype, MSN, ICQ, Yahoo, Jabber, MySpace y Hyves. Además, a diferencia de otras aplicaciones de mensajería instantánea, no requiere de registro.

Es decir, con la instalación de estas aplicaciones se permite que tanto los datos de nuestras agendas de contactos como el historial de nuestras conversaciones sean propiedad de dichas empresas y que pueden comerciar con los mismos (generalmente a empresas que se dedican al marketing masivo) de forma que los número de teléfono y los contactos guardados en los móviles ya no son tan privados como se piensa y es que aunque algo no cueste dinero, no quiere decir que sea gratis.

Varias compañías de telefonía móvil a nivel mundial han lanzado recientemente o han anunciado el lanzamiento de un servicio de voz sobre Wi-Fi (VoWi-Fi). Voz sobre Wi-Fi no es un concepto nuevo, pero las soluciones anteriores tenían varias limitaciones que afectan a la adopción y en última instancia, la experiencia del usuario final. Desde entonces varias mejoras en VoWi-Fi que ahora se convierten en una experiencia de usuario de nivel de operador se han hecho. Este servicio puede ahora ser ofrecido independiente de las capacidades de hardware del dispositivo, siempre que el dispositivo cuenta con Wi-Fi en él, incluso los dispositivos (SIM) del módulo de identidad de no suscriptores, tales como Wi-Fi sólo tabletas pueden tener este servicio activado.[23]

VoWi-Fi no sólo puede ampliar el alcance de los operadores de redes móviles por lo que les permite ofrecer una solución rentable, escalable y de calidad para la entrega de la señal en los edificios donde la cobertura celular podría ser escasa, también puede ayudarles a luchar contra la pérdida de ingresos debido a los proveedores top '(OTTPs)' que ofrecen servicio de voz sobre IP (VoIP). VoWi-Fi también se está posicionando como un servicio complementario a la voz sobre LTE (VoLTE); ambos son Sistema Multimedia IP (IMS) y puede ofrecer un amplio conjunto de servicios de valor añadido. De hecho, VoWi-Fi puede ayudar a resolver el reto de mantener la accesibilidad y la calidad de servicio para uso en interiores de los usuarios móviles y también ayudar a reducir las tarifas de itinerancia a los usuarios.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

Una visión más amplia de tráfico Wi-Fi (incluido el tráfico de Wi-Fi-sólo los dispositivos) muestra que la conexión Wi-Fi y móviles están creciendo más rápido que el tráfico fijo (tráfico de los dispositivos conectados a la red a través de Ethernet) según se muestra en la siguiente figura.

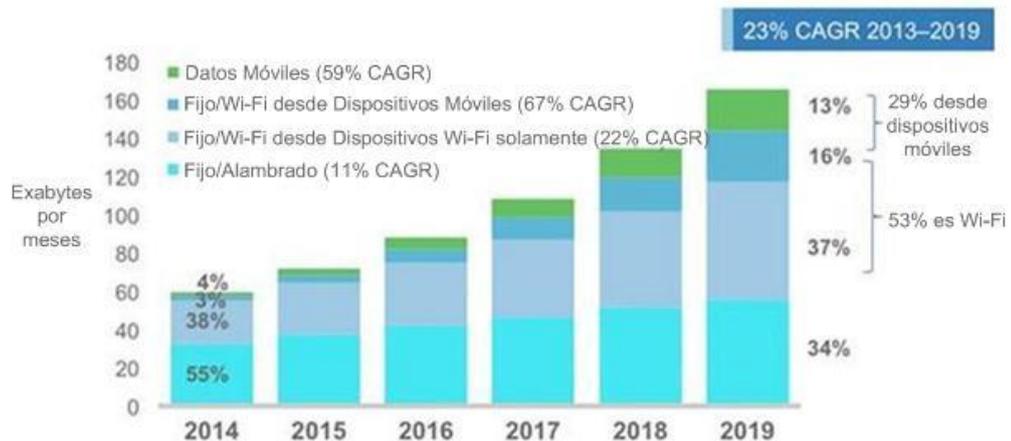


Figura 1:6 Tráfico IP por cada una de las tecnologías de acceso. [22]

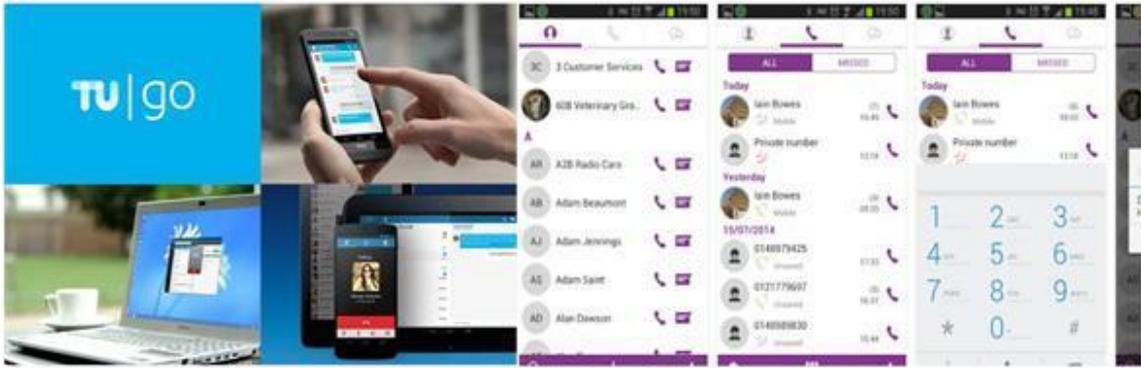
La solución que están brindando la mayoría de los operadores de telefonía móvil de todo el mundo es totalmente transparente para los usuarios[24], conocida como *Wi-Fi Calling*, porque la llamada se realiza desde el mismo marcador del móvil, con la única diferencia que en vez de usarse la red móvil se usa la Wi-Fi, esta solución solo se aplica para los iPhone 5c, 5s, 6 y 6s así como los últimos modelos de teléfonos Android.[25]



Figura 1:7 Opción de llamar sobre la red Wi-Fi en los últimos modelos de teléfonos móviles. [26]

Otros operadores han implementado el servicio a través de aplicaciones propietarias para Smartphone, como son *To Go*, *In Touch*, entre otras. [26]

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi



**Figura 1:8 Aplicaciones propietarias de VoWi-Fi [28]**

El *Wi-Fi-Calling* tiene algo que ver con las llamadas por VoIP pero tampoco son lo mismo. Para llamar mediante VoIP se necesita una aplicación específica (Skype) además de un nombre usuario o similar. Además las llamadas que se pueden hacer con estas suelen limitarse a otros usuarios de la aplicación, aunque también ofrecen llamar a números ordinarios previo pago.

La primera diferencia con el *Wi-Fi-Calling* es que este es prácticamente transparente. El *Wi-Fi-Calling* no es una aplicación en sí, sino más bien una función que puede traer preinstalada en los teléfonos o bien se puede incorporar mediante una actualización del sistema. Con ella un usuario podría llamar, recibir llamadas o enviar o recibir SMS mediante una red Wi-Fi como lo haría normalmente, acudiendo al marcador o a la aplicación de mensajes de su móvil. La única señal de la presencia de *Wi-Fi-Calling* en un teléfono es un icono que los operadores suelen mostrar en la pantalla cuando la función está habilitada y en uso.

Pero la diferencia más importante entre el *Wi-Fi-Calling* y las aplicaciones de VoIP no es su uso o transparencia, sino que las llamadas mediante Wi-Fi no solo nos habilitan para llamar desde zonas sin cobertura móvil, también nos permite recibir llamadas en esa misma situación, pudiendo ser la solución perfecta para zonas en las que los operadores móviles no tienen especial interés.[26]

Otro punto muy importante, no hay restricciones con los destinos a los que llamar, ya que aunque en el lado del emisor la llamada se realiza mediante Wi-Fi el receptor verá la llamada como una llamada normal, no siendo necesario que tenga esta misma función habilitada. E importante igualmente, cualquier red Wi-Fi es válida para el uso de *Wi-Fi-Calling*.[27]

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

En la actualidad las llamadas de voz sólo están disponibles en los dispositivos que admiten cobertura celular o aplicaciones OTT. VoWi-Fi amplía el número de dispositivos de voz con capacidad para cubrir el servicio con los dispositivos no-SIM Wi-Fi-sólo. Con VoWi-Fi, los usuarios pueden hacer y recibir llamadas en sus tabletas no-SIM, mejorando fuentes de ingresos adicionales.

### Análisis Técnico sobre Solución VoWi-Fi de Huawei.

El servicio de voz sobre Wi-Fi (VoWi-Fi), también conocido como llamadas Wi-Fi (*Wi-Fi Calling*), permite a los abonados utilizar los teléfonos inteligentes marcar los números para iniciar llamadas de voz o vídeo cuando la conexión Wi-Fi está disponible. La solución de Huawei VoWi-Fi cumple con las especificaciones 3GPP y utiliza el EPC (EPDG), SingleSDB (3GPP AAA), e IMS como la arquitectura de control central. Los abonados comunes pueden acceder a redes IMS a través de puntos de acceso Wi-Fi y usar voz de alta definición y servicios de vídeo, aplicación de transferencias sin fisuras para redes VoLTE.

En la siguiente figura se muestran las cinco soluciones de implementación que Huawei tiene disponibles.

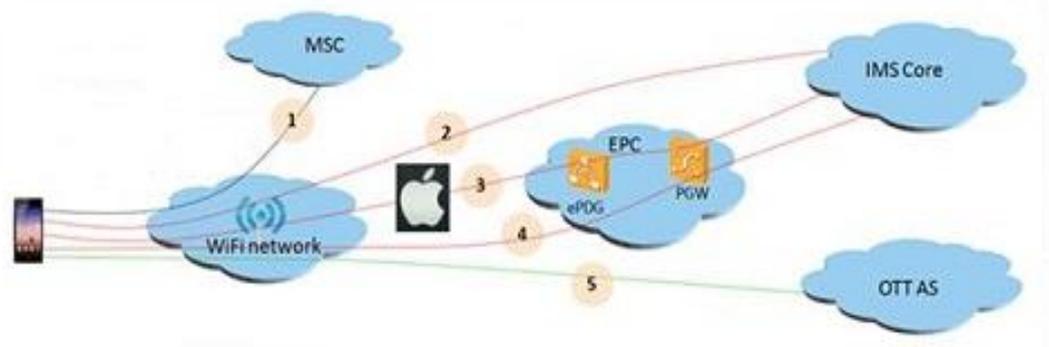


Figura 1.8: Soluciones de Huawei para VoWi-Fi

A continuación se muestra una tabla donde se compara las soluciones de implementación de VoWi-Fi.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

**Tabla 1:2 Tabla de comparación de soluciones de implementación de VoWi-Fi.**

<b>Solución</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado Actual</b>
Solución 1: UMA.(Acceso móvil sin licencia)	El acceso móvil sin licencia (UMA) virtualiza los teléfonos móviles que acceden a través de Wi-Fi en los teléfonos móviles 2G / 3G y conectar los teléfonos a las redes GSM.	El UMA está disponible para uso comercial sólo en América del Norte y algunos países de Europa. La evolución técnica se ha detenido.
Solución 2: Conexión directa a la red de IMS	La forma, el acceso a la red IMS directamente a través de la red Wi-Fi no garantiza a los usuarios el traspaso a la WLAN-LTE.  Es difícil de realizar números de autenticación de abonado unificados.	Los suscriptores tienen que descargar una aplicación y solicitar una cuenta y una contraseña.
Solución 3: el acceso no confiable a EPDg (EPC) e IMS	Los usuarios acceden a las redes 3GPP sobre la interfaz de S2b a través de redes WLAN públicas no son de confianza.  Las funciones P-GW como el punto de transferencias WLAN-LTE de anclaje.  Se admite la autenticación IPsec e IKEv2.	Samsung, Sony y Nokia han proporcionado terminales comerciales.  Las compañías han proporcionado soluciones para uso comercial o están prestando mucha atención.  3GPP lanzo 10 soportes de esta solución.
Solución 4: Acceso de confianza para EPC e IMS	Utilizar las redes Acceso 3GPP por la interfaz S2a a través de redes WLAN de confianza desplegados por	3GPP versión 12 se ha completado recientemente. Sin chips apoya esta solución.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

	<p>las compañías.</p> <p>Las funciones P-GW como el punto de transferencias WLAN-LTE de anclaje.</p> <p>Transferencias WLAN-LTE están en discusión en el 3GPP.</p>	<p>Las compañías necesitan desplegar Wi-Fi, pero no puede utilizar terceros Wi-Fi existente.</p>
Solución 5: OTT	<p>Los suscriptores tienen que descargar una aplicación. Se requiere una cuenta y una contraseña para iniciar sesión.</p> <p>Llamada en espera y llamar a servicios de reenvío no son compatibles.</p>	<p>Los suscriptores tienen que descargar una aplicación, como Skype, WhatsApp, IMO, WeChat, etc.</p> <p>Las capacidades de interfuncionamiento con otras redes están restringidas.</p>

Las soluciones 2 y 3 están disponibles para uso comercial. La mayoría de las compañías seleccionan una de las dos soluciones.

La solución de Huawei VoWi-Fi cumple con las especificaciones 3GPP y utiliza el EPC (EPDG), SingleSDB (3GPP AAA), e IMS como la arquitectura de control central. La solución de Huawei VoWi-Fi utiliza el acceso WLAN no es de confianza (VoWi-Fi nativo) o conexión directa con IMS (VoWi-Fi con la aplicación).

En el caso de Cisco la solución que ofrece para soportar servicios de VoWi-Fi es bastante similar al visto por Huawei, en la siguiente figura se muestra los diferentes componentes que intervienen en la misma.

## CAPÍTULO 1. Descripción de las tecnologías VoIP y Wi-Fi

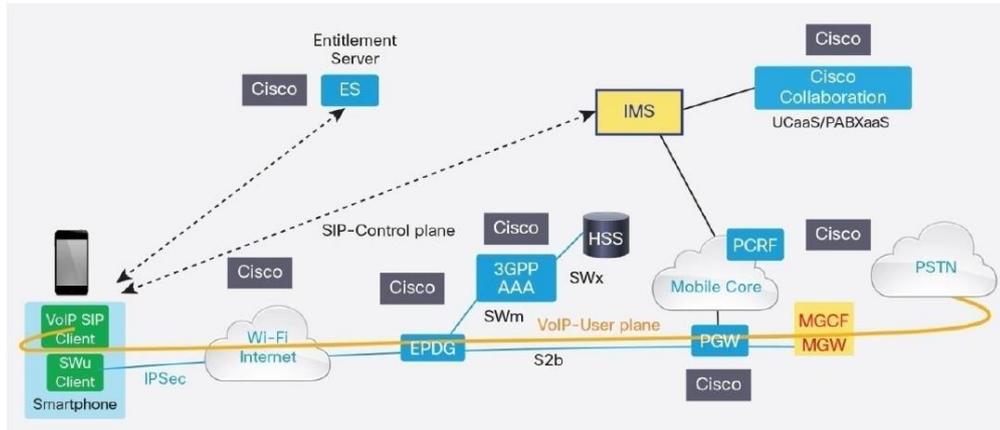


Figura 1:9 Solución Cisco VoWi-Fi [31]

La aplicación VoWi-Fi es fácil de implementar y es una opción óptima para operadores fijos que deseen desarrollar servicios móviles, pero no quieren desarrollar servicios VoLTE. En resumen, la solución tanto de Huawei como de Cisco soporta una implementación flexible, rápida y garantizan la convergencia con VoLTE.

### 1.5 Conclusiones

Una vez analizadas las redes inalámbricas basadas en tecnologías Wi-Fi sin lugar a dudas están siendo ampliamente aceptadas tanto por los usuarios como por los operadores, al mismo tiempo las redes con tecnología de VoIP en los últimos años han demostrado un gran crecimiento en el uso de las mismas mejorando cada vez más la QoS percibida por los usuarios, con estos antecedentes tanto los operadores como proveedores de telecomunicaciones se han dado la tarea de implementar arquitecturas de redes que permitan la convergencia de estas dos redes con el objetivo de garantizar mayores prestaciones a los usuarios y la interoperabilidad con el resto de las redes existentes.

En la literatura científica consultada es apreciable la diversidad de procedimientos para el diseño de redes que soporten servicio de VoWi-Fi.

## **CAPÍTULO 2. ARQUITECTURA DE RED PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ SOBRE WI-FI**

### **2.1 Introducción**

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA) ofrece servicio de conectividad a internet utilizando diferentes tecnologías de acceso. Entre las más empleadas están las que van sobre redes de cobre como xDSL (*Digital Subscriber Line*), con una gran estabilidad y calidad de servicio. Otras que se están introduciendo son las que viajan a través de fibra óptica con la arquitectura GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Networks*).

Otra de las redes por la que se brinda este servicio son las redes de acceso inalámbricas con la tecnología Wi-Fi. Dicho servicio ha sido de gran aceptación en el país por las ventajas que ofrece a los usuarios, alta velocidad, movilidad y uso de una gran variedad de dispositivos (teléfonos inteligentes, tabletas, laptops, PC con tarjetas de red inalámbricas y todo equipo terminal con Wi-Fi). Una de las ventajas para el operador es su fácil implementación técnica y cobertura en áreas relativamente grandes usando para esto poco equipamiento, lo que abarata el costo del servicio.

Una de las bondades que la población ha percibido, con gran aceptación, con el acceso a internet es el servicio de Voz sobre IP mediante el uso de las aplicaciones OTT, provocando para la empresa (ETECSA) fuga de ingresos y molestia de los clientes por la mala calidad del servicio ofrecido por las OTT.

En este capítulo se describirá la arquitectura y funcionamiento de la red Wi-Fi de ETECSA y el equipamiento que la soporta. Se identificarán dos propuestas de red que permitan brindar servicio de VoWi-Fi, en las zonas Wi-Fi de los hoteles, quedando determinado el método más adecuado a utilizar y explicando los detalles de su implementación y configuración.

### **2.2 Arquitectura de la red Wi-Fi de ETECSA en los hoteles.**

ETECSA brinda un servicio de acceso a internet con tecnología inalámbrica mediante un modelo de asociación con clientes del sector hotelero, donde ETECSA provee solución tecnológica y de conectividad, y el asociado hotelero vende las tarjetas prepago. La Empresa de Telecomunicaciones ofrece dos variantes de comercialización:

## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

- **Variante A de comercialización:** ETECSA provee el enlace sin costo, asume la gestión, la instalación y mantenimiento de todo el equipamiento y provee las tarjetas de autenticación de las mismas (AAA); con una retribución del 80% para ETECSA y 20% para el asociado, además de 10 cuc mensuales por AP y 20 cuc por cada AC.
- **Variante B de comercialización:** ETECSA provee el enlace sin costo, asume la gestión del AC y provee las tarjetas de autenticación de las mismas (AAA); con una retribución del 80% para ETECSA y 20% para el asociado. Este a su vez garantiza la instalación y mantención de la red de acceso inalámbrica (AP).

### Actualmente la red Wi-Fi en los hoteles está compuesta por:

- **Equipo terminal:** Dispositivo propiedad de los subscriptores que cumpla con la norma IEEE 802.11 a/b/g/n.
- **Punto de acceso (AP):** Antena para interiores o exteriores con la norma IEEE802.11a/b/g/n, utilizada únicamente para la conexión inalámbrica de los equipos terminales con la red.
- **Controlador de acceso (AC):** Controlador de acceso a la red, encargado de que todos los usuarios se autenticen antes de concederles el acceso a internet.
- **Portal web cautivo:** Página web utilizada para que el cliente se autentique, dicho portal se encuentra en un servidor distante del controlador de acceso.
- **Servidor AAA con protocolo RADIUS:** Servidor que guarda los permisos de acceso y la contabilidad de los usuarios (usuario, contraseña, saldo existente).

En la figura 2.1 se muestra la arquitectura de dicha red.

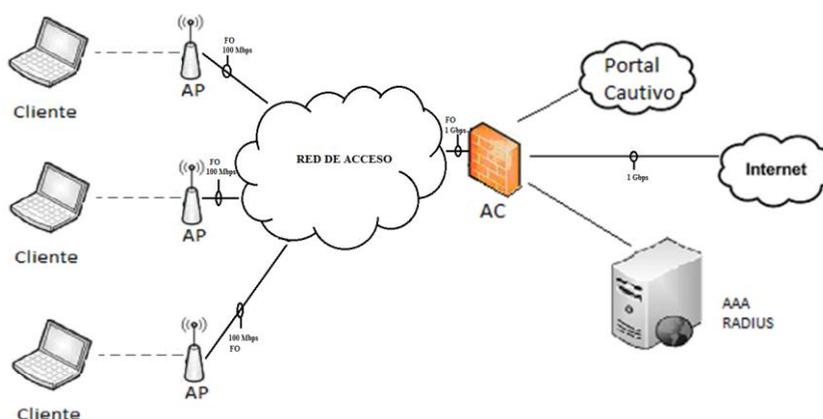


Figura 2: 1 Arquitectura actual de la red Wi-Fi.

## **CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI**

En la estructura antes mostrada cada AP está interconectado a una red de acceso a 100 Mbps, todos los elementos de la red de acceso se encuentran interconectados por medio de fibra óptica a 1 Gbps. A esta red está enlazado el controlador de acceso con una velocidad de conexión también a 1 Gbps. El AC tiene conexión con el portal web cautivo, el servidor RADIUS e internet. Toda la red entre los AP y el AC se encuentra a nivel de enlace del Modelo OCI, por lo que no existe ningún equipamiento de las capas superiores en esa porción de la red.

El portal cautivo encuentra en un servidor externo al elemento de control AC. En esta configuración el AP no implementa ningún mecanismo de autenticación a la red, solo ofrece la posibilidad de acceso físico a la red, lo que se conoce como una red abierta.

### **2.3 Servicio Nauta.**

El servicio nauta lo creó ETECSA con el propósito de brindar una accesibilidad hacia esta red tanto por personas jurídicas como naturales; en particular al servicio de internet.

A este servicio se puede acceder desde las áreas de navegación WI-FI situadas en todo el país en su mayoría parques principales y algunos hoteles. Su funcionamiento es mediante las tarjetas raspables que vende ETECSA a los clientes de la Wi-Fi, que pueden ser temporales o de recarga. El que controla el uso de las tarjetas de raspar disponibles, es el servidor AAA que a su vez es el encargado de generar los ficheros de traza de los usuarios para la facturación del servicio.

Cuando un usuario intenta visitar un sitio web en un punto de acceso en un área de cobertura WLAN, el abonado se redirige a la página de inicio de sesión de portal cautivo. Después de que el abonado introduce un nombre de usuario y la contraseña correctos, el portal cautivo autentica al usuario y permite al mismo acceder a internet.

## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

El proceso de conexión, autenticación y desconexión se muestra en la siguiente figura.

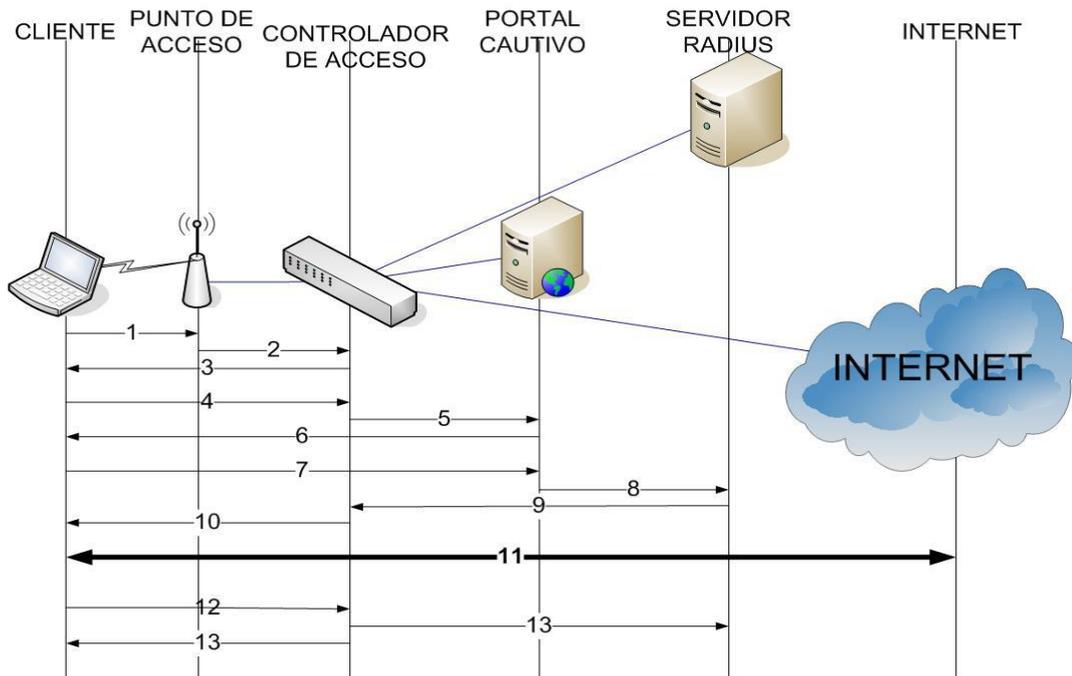


Figura 2: 2 Proceso de autenticación.

### Proceso de conexión, autenticación y desconexión:

1. El cliente solicita conectarse a la antena escogiendo el SSID de la misma.
2. La antena recibe la petición y le envía al AC una solicitud DHCP del cliente.
3. El AC recibe la solicitud de dirección IP y le asigna una libre del rango.
4. El cliente abre un navegador web y hace una petición de navegación (Ejemplo: [www.facebook.com](http://www.facebook.com)).
5. El AC re direcciona la solicitud de navegación al portal web cautivo.
6. El portal cautivo muestra una petición de usuario y contraseña, por lo que el cliente es obligado a autenticarse para poder realizar una navegación exitosa.
7. El cliente envía los datos usuario y contraseña mediante el portal cautivo.
8. El portal cautivo envía los datos de usuario y contraseña introducidos por el cliente al servidor RADIUS.
9. El servidor RADIUS comprueba los datos introducidos por el cliente contra su base de datos. Si esta autenticación es denegada por el servidor, el navegador le devuelve al cliente una respuesta de negación de acceso por las causas encontradas (Ejemplo: error de usuario/contraseña, límite de tiempo en 0, etc.) y como consecuencia el cliente no puede llevar a cabo dicha navegación. En caso contrario, si la autenticación que realiza el cliente en el portal Web es

## **CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI**

aceptada por el servidor RADIUS, éste le envía al AC la contabilidad de la cuenta (saldo inicial y saldo restante).

10. El AC le muestra al cliente el saldo actual de su cuenta y el saldo restante. A partir de aquí el AC mientras dure la conexión es el encargado de actualizar dicha contabilidad.
11. Conexión a internet establecida.
12. El cliente solicita la desconexión (ejecutando: LOGOUT, <http://1.1.1.1> o apagando la antena Wi-Fi del equipo terminal).
13. El AC le reenvía al servidor RADIUS el estado final contable en que quedó dicha cuenta y al cliente le envía una confirmación de desconexión.

### **Las características básicas del servicio son:**

- Servicio prepago.
- El cobro es por tiempo de conexión.
- La navegación corresponde a una “Cuenta de Acceso” y puede tener alcance nacional o internacional.
- El servicio permanente puede ser recargado y el servicio temporal es “No recargable”.
- La “Cuenta de Correo”, es creada a voluntad del usuario y tiene alcance, nacional o internacional, según el servicio que elija previamente el usuario.

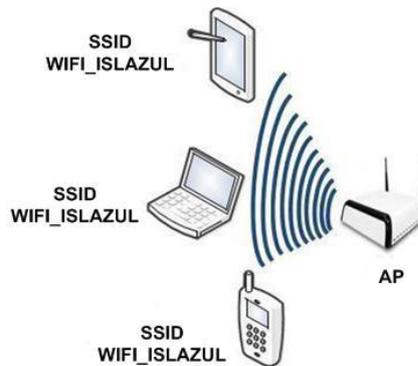
La “Cuenta de Acceso” es la que le permite al usuario acceder a la navegación, puede tener alcance nacional o internacional. Siempre es prepagada y puede ser “Recargable” o “No recargable”. Se identifica por dos atributos básicos el “nombre de usuario” y la “contraseña”, no siendo estos los únicos que se le configuran.

### **2.4 Análisis de diferentes alternativas de arquitectura**

Una vez descritos los conceptos tecnológicos sobre los cuales se fundamenta el servicio Wi-Fi de ETECSA en los hoteles y la infraestructura de red que posee para soportar el servicio de voz por un lado y recopiladas las diferentes soluciones que ofrecen los principales proveedores para soportar servicio de VoWi-Fi por otro, el último paso es proponer diferentes alternativas de arquitectura de red, con el objetivo de probar que la integración de las soluciones Wi-Fi con el servicio de voz que brinda la empresa, en ambos casos, es posible actualmente.

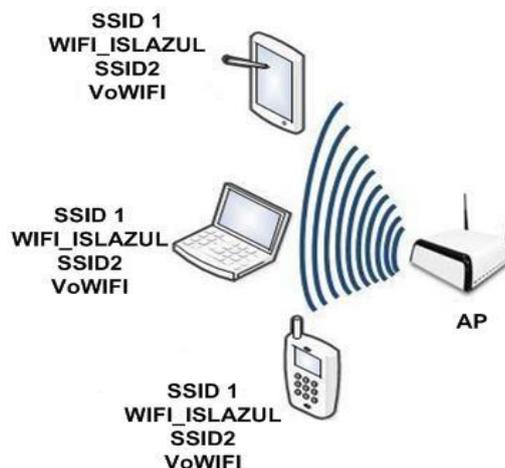
## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

Los AP que se encuentran instalados en los hoteles tienen configurado un SSID que identifica la red Wi-Fi para acceder al servicio de internet (ver anexo 1), como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 2: 3 Los SSID configurado en los AP.**

Dentro de las características que presentan estos AP se encuentran la posibilidad de configurarles hasta 16 SSID, teniendo en cuenta esta facilidad, se configura un segundo SSID que identifique la red para acceder al servicio de VoWi-Fi (ver anexo 2), como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 2: 4 Los AP configurados con dos SSID.**

De esta forma los usuarios seleccionan el SSID a conectarse en dependencia del servicio que quieran acceder. Al seleccionar el SSID Wi-Fi\_ISLAZUL, el usuario accede al portal nauta, una vez que se autentifique correctamente tiene acceso al servicio de internet, si por otra parte selecciona el SSID VoWi-Fi el usuario se conecta a la red de acceso de NGN directamente, sin necesidad de autenticarse en el portal

## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

nauta, permitiéndole a través de una aplicación de voz sobre IP registrarse en el Softswitch mediante el protocolo SIP y de esta forma poder hacer llamadas hacia cualquier destino que desee, ejemplo un móvil, un usuario de la red fija, etc.

En este caso el AC es el que realiza la función de asignar la dirección IP según el SSID que seleccione el usuario. En el AP cada SSID está asociado a una VLAN diferente, una para el servicio de internet y la otra para el servicio de VoWi-Fi, con una puerta de enlace diferente cada una configurada en el AC (ver anexo 3), en el mismo están configuradas las rutas para cada servicio (ver anexo 4).

La facturación del servicio de VoWi-Fi se realizaría de la misma forma que un servicio de la red fija, cada llamada que realice el usuario es detallada en el Softswitch y luego procesada por el centro de facturación.

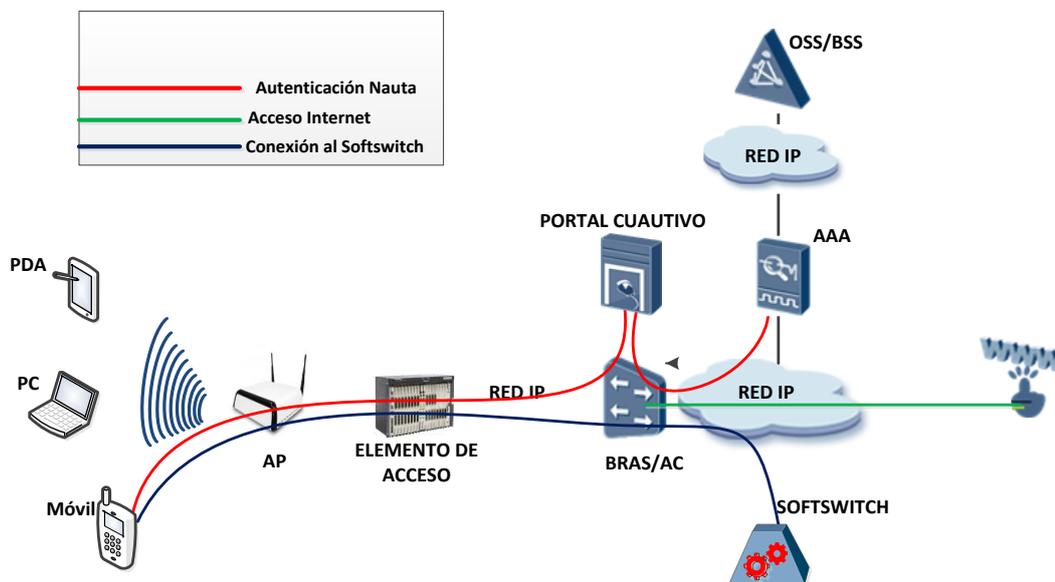


Figura 2: 5 Arquitectura de red para servicio VoWi-Fi, con dos SSID.

Otra alternativa de red que permite integrar el servicio Wi-Fi con el servicio de voz que brinda la empresa, es utilizando el mismo SSID que existe para el servicio de internet, WI-FI\_ISLAZUL, de esta forma el usuario siempre tiene que autenticarse en el portal nauta y el servicio de VoWi-Fi es un valor agregado del portal, como mismo existe el correo nauta.

Para este caso la configuración del AP sería con una sola VLAN, (ver anexo 1), el usuario tendría que tener instalada una aplicación de voz sobre IP en el equipo terminal (móvil, laptop, etc.) que le permita configurarle la IP de acceso del SBC (*Session Border Controller*), así como el usuario y contraseña para este servicio.

## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

El SBC es un nuevo elemento que va a existir en la red con la función de garantizar que la red interna (en este caso la red NGN) sea más segura, oculta al exterior la topología de la red interna, actuando como un *firewall* pero con características más adecuadas para el tráfico multimedia. Aunque SIP se considera un estándar, es extremadamente flexible y la realidad es que dos equipos basados en SIP no necesariamente se comunicarán de forma correcta [28].

En esta alternativa la IP que el AC le va asignar al equipo terminal no es del rango de la red de acceso de NGN, es una IP que está declarada en el portal nauta para el servicio de internet, (ver anexo 5) por lo que se necesita de un SBC en la red para que haga la función de traducción de direcciones IP de la red de internet hacia la red de acceso de la red NGN y viceversa.

De esta forma el usuario no va a saber la IP real de señalización del Softswitch dando mayor seguridad a la red, como se muestra en la siguiente figura.

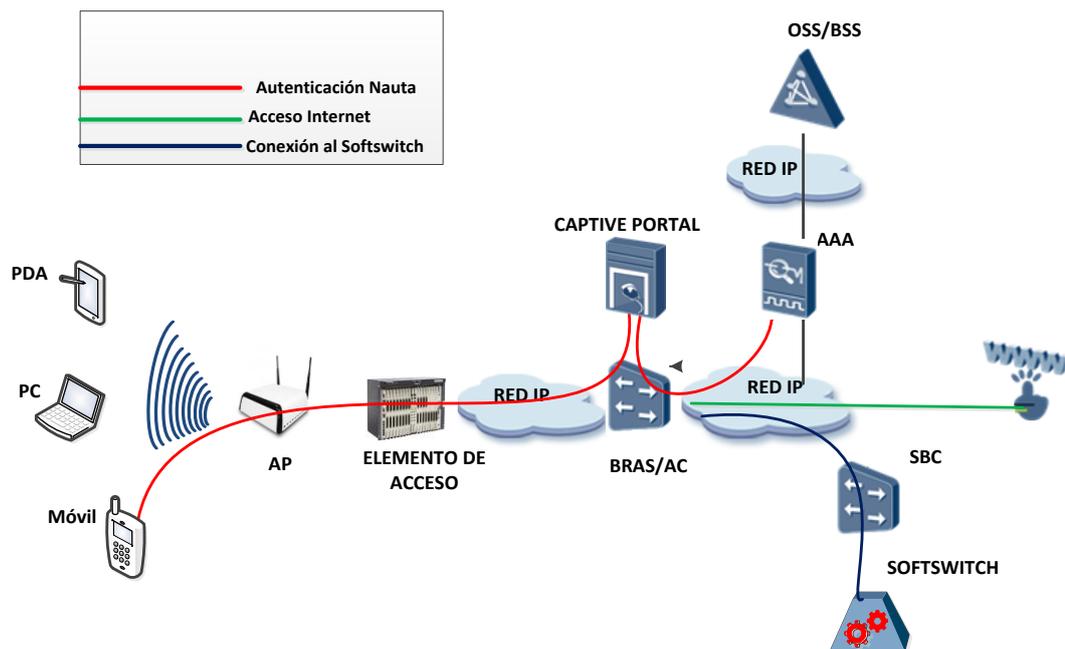


Figura 2: 6 Arquitectura de red para servicio VoWi-Fi, con un SSID.

La facturación del servicio para este caso será por el mismo tiempo de conexión del nauta, es decir una vez que el usuario se autentique en el portal nauta, podrá acceder al servicio de VoWi-Fi sin costo adicional.

## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

### 2.5 Especificaciones técnicas del equipamiento

El equipamiento utilizado en la red para brindar servicio Wi-Fi en los hoteles está compuesto fundamentalmente por equipamiento de la marca Browan, así como:

#### **AC GMTEK G4200**

Es el encargado de gestionar los recursos de radio. Intercambia mensajes de control con el servidor AAA (*Authentication, Authorization and Accounting* - Autenticación, Autorización y Contabilización) 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 Protocol* - Protocolo de configuración dinámica de host), asigna dinámicamente direcciones IP a los usuarios y/o a elementos de la red Wi-Fi[29].

#### **Características:**

- Autenticación de usuarios con UAM (Método de Acceso Universal), 802.1x/E Apolan, dirección MAC, Cliente AAA *Radius* y servidor proxy con soporte EAP.
- Incorporada en el servidor AAA con *e-Billing* hasta 500 cuentas de usuario.
- Traducción de direcciones universal (UAT), soporte de proxy web WISPr compatible, accede a través de un navegador Web con SSL / TLS Ilimitado.
- Personalizable bienvenida, inicio de sesión, y cierre la sesión-páginas, soporte XML (interno, externo) y HTML apoyo *E-mail* redirección.
- Enrutamiento IP con IPsec y PPTP *pass-through*, NAT / NAT, reenvío de puertos.
- Ancho de banda por usuario a través de la gestión de RADIUS WAN protocolos: PPPoE, PPTP, DHCP cliente Servidor DHCP / Relé / Cliente VPN *Client*, GPPTP / MPP, AGRE.
- La gestión remota a través de SNMP v1, 2c, proxy SNMP, HTTPS, SSH, Telnet, consola gestión de subred para la gestión remota AP.

#### **Switch TPE-80WS**

El conmutador PoE Web *Smart* de 10/100/1000 Mbps y ocho puertos ofrece controles de comunicación avanzada y alimentación eléctrica a dispositivos de red a través de cables Ethernet. La tecnología PoE elimina de manera conveniente la necesidad de instalar dispositivos en red como cámaras IP y puntos de acceso, cerca de un tomacorriente, lo que reduce los costos de equipo e instalación [30].

## CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI

### Características:

- Compatible con los estándares IEEE 802.3af *Power over Ethernet* (PoE)
- 8 puertos RJ45 Gigabit de electricidad sobre Ethernet Auto-MDIX y de Auto-Negociación a 10/100/1000Mbps
- Soporta una máxima potencia PoE de 15,4 vatios para cada puerto Poe
- LED de 7 segmentos para estado individual por puerto: clase de PoE, asignación máxima de corriente
- Recepción y transmisión sin bloqueos a plena velocidad por cable
- Método de conmutación de almacenamiento y reenvío
- Buffer de datos RAM de 144 Kbytes y tabla de dirección MAC de entrada 8K
- Control de flujo IEEE 802.3x para modo *full-dúplex* control de flujo de contrapresión para modo *half-dúplex*
- Soporta motor de búsqueda de direcciones integrado, aprendizaje automático de direcciones y control de caducidad de direcciones
- Soporta IEEE 802.1Q tag-VLAN, IEEE 802.10 *Spanning Tree*, IEE 802.1w RSTP y 802.1x(MD5)
- Soporta tormenta de multidifusión y control de inundación
- Soporta QoS sobre IEEE 802.1p, DSCP para IPv4 e IPv6

### Access Point Exterior Browan modelo 2251

BW2251 es un punto de acceso para exteriores con un alto rendimiento y de amplias características. El AP es un dispositivo de alta potencia, robustez, resistente al agua, para ambientes exteriores, lo cual puede ayudar al operador a desplegar a gran escala la red inalámbrica[29].

### Características:

- Dos radios, soportando 802.11b/g/n y 802.11a/n (2.4GHz y 5GHz)
- Soporta protocolo de administración TR-069
- Soporta WPA/WPA2
- Soporta VLAN ID por BSSID - 'AP Virtual'
- Anti Interferencia con asignación dinámica de canales (*Dynamic Channel Allocation* (DCA))
- Privacidad Equivalente al Cable (*Wired Equivalent Privacy* (WEP)) con clave de 64 o 128bits
- Soporta autenticación 802.1x usando EAP-TLS, EAP-TTLS, PEAP y SIM
- ACL con control de acceso MAC, control de sesión, Nat/Pat

## **CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI**

- QoS : ToS, DSCP
- *Isolation* en la capa 2 previniendo que clientes inalámbricos se comuniquen con otros.
- DHCP: servidor y cliente
- Autenticación por RADIUS y servidor Proxy
- Soporta simultáneamente 802.11b/g/n y 802.11a/n.
- Soporta abastecimiento integrado de energía IEE 802.3 PoE de fácil instalación en varios ambientes que reduce el costo.

### **Access Point Interior Browan modelo 1254**

BW1254 es un punto de acceso interior con un gran número en funciones y alto rendimiento, proporciona conectividad de alta calidad, sensibilidad del receptor, potencia de salida y rendimiento para maximizar su cobertura en una red Wi-Fi[29].

#### **Características:**

- Dos radios, soportando 802.11b/g/n y 802.11a/n (2.4GHz y 5GHz)
- Soporta protocolo de administración TR-069
- Soporta WPAI y WPA/WPA2
- Soporta hasta 16 VLAN ID por BSSID - 'AP Virtual'
- Anti Interferencia con asignación dinámica de canales (*Dynamic Channel Allocation (DCA)*)
- Soporta autenticación 802.1x usando EAP-TLS, EAP-TTLS, PEAP y SIM
- ACL con control de acceso MAC, control de sesión, Nat/Pat
- QoS : ToS, DSCP
- *Isolation* en la capa 2 previniendo que clientes inalámbricos se comuniquen con otros.
- Soporta simultáneamente 802.11b/g/n y 802.11a/n.
- Soporta abastecimiento integrado de energía IEE 802.3 PoE de fácil instalación en varios ambientes que reduce el costo.

### **2.6 Elección de arquitectura**

Luego del análisis de las diferentes alternativas a implementar se hace una comparación basándonos en las ventajas y desventajas de ellas, para definir cuál vamos a tener en cuenta.

## **CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI**

Para realizar la comparación se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Beneficios para el operador y el cliente orientado a los ingresos por nuevos servicios.
- Facturación del servicio
- Seguridad de la red
- Modo de implementación por los usuarios
- Modo de autenticación
- Interfuncionamiento con otras redes.
- Priorizar el tráfico de VoIP sobre los datos.

### **Alternativa 1:**

Dentro de los beneficios que se encuentra en esta alternativa es que el tráfico de VoIP está separado totalmente del tráfico de datos desde el equipo terminal hasta el otro extremo, trayendo consigo una mejor QoS para el servicio VoIP, el usuario no necesita autenticarse en el portal nauta para poder acceder al servicio, basta con tener un usuario y contraseña de un número telefónico IP en el Softswitch, le permite poder comunicarse con usuarios de la red fija o móvil.

Una de las desventajas de esta alternativa es que la dirección IP de señalización del Softswitch es publica para los usuarios, al igual que la dirección IP de cada usuario al no contar con un SBC en la red, el usuario necesita instalar una aplicación VoIP en su móvil o equipo terminal con Wi-Fi, que soporte el protocolo SIP para poder configurar el usuario, contraseña y dirección IP del Softswitch.

Otro de los problemas está relacionado con el direccionamiento IP que tienen los equipos terminales, los cuales están en el mismo rango de la capa de acceso de la provincia, por otra parte la carga de procesamiento del AC aumenta al tener que procesar al mismo tiempo la red de acceso a internet y la red de VoIP. Si el usuario está utilizando el SSID para VoWi-Fi y quiere acceder a un sitio de internet, tendrá que desconectarse de ese SSID y conectarse al SSID de Wi-Fi ISLAZUL.

### **Alternativa 2:**

Esta solución proporciona que el usuario una vez autenticado en el portal nauta puede acceder a cualquier sitio de internet y además realizar llamadas VoWi-Fi a través de una aplicación instalada en su equipo terminal sin necesidad de cambiar SSID. Por otra parte la dirección IP que se configura en la aplicación es la del SBC y no la del Softswitch dándole una mayor seguridad a la red. El direccionamiento IP que obtienen

## **CAPÍTULO 2. Arquitectura de red para brindar servicios de voz sobre WI-FI**

los equipos terminales son direcciones públicas no tienen que ver con el rango de dirección de la red de acceso de la provincia, la facturación de las llamadas es por el tiempo de conexión al portal nauta, por lo que no depende del destino llamado. Desde el punto de vista de QoS se garantiza por la diferenciación de paquete que realiza el AP dándole mayor prioridad a los paquetes de voz sobre los de datos.

A pesar de la ventajas antes mencionadas continua necesario que el usuario instale una aplicación de VoIP en el equipo terminal y tener un usuario multimedia en el Softswitch.

Se llega a la conclusión que la solución más ventajosa tanto para el operador como para el usuario es la alternativa 2.

### **2.7 Conclusiones**

Después de haber detallado la red Wi-Fi existente actualmente en los hoteles para brindar servicios de acceso a internet a los usuarios así como las características del equipamiento instalado se puede afirmar que es posible implementar una arquitectura de red que sea capaz de soportar servicio de VoWi-Fi garantizando una adecuada QoS a los usuarios además la posibilidad de agregarle nuevos servicios a la plataforma Nauta utilizada hoy por la empresa para la autenticación del acceso a internet, sin necesidad de realizar nuevas inversiones.

## **CAPÍTULO 3. EVALUACION DE LOS RESULTADOS**

### **3.1 Introducción**

La convergencia de los servicios y tecnologías de telecomunicaciones es, sin duda, una revolución sin precedentes. Gracias a la masiva difusión del internet en el mundo, el protocolo de internet (IP), es el más utilizado para la transmisión de servicios multimedia. Uno de estos servicios es la transmisión de voz.

También se debe tener en cuenta el considerable crecimiento del acceso mediante radio. Las comunicaciones basadas en tecnología Wi-Fi sugieren una atención especial en lo que se refiere a la evaluación de la calidad del servicio.

Una vez seleccionada la alternativa más ventajosa para implementar servicio de VoWi-Fi, se pretende valorar si la solución ha sido correcta. Además se analizarán llamadas en diferentes escenarios para tomar parámetros que sirvan para estimar la calidad de las mismas.

### **3.2 Calidad del servicio en redes VoIP**

La calidad del servicio es una variable que ha ido ganando espacio en el mercado de las telecomunicaciones. Cada vez es más común el uso de la palabra QoS. Debido a una demanda cada vez más exigente, la necesidad de cuantificar la calidad de los servicios se ha convertido en un tema de considerable importancia.

Podría definirse QoS como el valor de un conjunto de parámetros de desempeño que aseguran al usuario un servicio de niveles aceptables de calidad. Puesto que, distintos tipos de servicios presentan características particulares, cada servicio presenta su propia QoS. La calidad del servicio para comunicaciones VoIP suele considerarse, por una parte, dentro de los parámetros de una aplicación sobre internet y, en otros casos, se espera que cumpla las características propias de una red de voz. De aquí el problema de la determinación de la calidad de servicios para esta tecnología.

Debido a que las redes de datos fueron diseñadas para el control de flujos de datos, la red necesita una forma de convertir la voz en un formato que se pueda transportar, es por esta razón que nacen los códec. Estos se encargan del proceso de convertir ondas analógicas en información digital, en la siguiente tabla se muestra una comparación de los diferentes códec más utilizados.

**Tabla 3.1 Códec de usos comunes.**

<b>Códec</b>	<b>Ancho de banda</b>
G.711	64 Kbps
G.726	16, 24, 32, 40 Kbps
G.728	16 Kbps
G.729	8 Kbps
G.723.1	5.3, 6.3 Kbps

**Los principales problemas en cuanto a la calidad del servicio de una red de VoIP, son:**

- **Latencia:** Se define técnicamente como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino. Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son sensibles a este efecto, los valores recomendados están por debajo de 150 ms.
- **Jitter:** Se define como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causadas por congestión de red, pérdida de sincronización o por la diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino, los valores recomendados son inferiores a 100ms.
- **Perdida de paquetes:** Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP, el mismo no está orientado a la conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían, también se puede producir por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor, la pérdida de paquete máxima admitida para que no se degrade la comunicación debe ser inferior al 1%.

Según la recomendación P.800 de la ITU[31], suministra un indicador de la calidad apreciada de la señal luego de ser comprimida y transmitida. Se expresa por medio de un valor único dentro de un rango entre 1 y 5 conocido por MOS (*Mean Opinion Score*), donde uno es la calidad más baja apreciada y cinco la más alta.

### CAPÍTULO 3. Evaluación de los resultados

De otra parte, según la recomendación G.107 de la UIT-T[32], el R-Factor es un método alternativo para evaluar la calidad de una llamada, expresado en un rango de 0 a 100, en oposición a la escala del MOS, haciendo de este método una herramienta más precisa para medir la calidad de la voz.

**Tabla 3.2 Relación entre el MOS y calidad de una llamada y relación entre R-Factor y la satisfacción del usuario.**

<b>MOS</b>	<b>Calidad</b>	<b>Factores de perturbación</b>	<b>R-Factor</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
5	Excelente	Imperceptible	90	Muy satisfecho
4	Buena	Perceptible sin molestar	80	Satisfecho
3	Regular	Un poco molesta	70	Algunos usuarios insatisfechos
2	Mediocre	Molesta	60	Muchos usuarios insatisfechos
1	Mala	Muy molesta	50	Casi todos los usuarios insatisfechos

El Modelo E, fue creada por la UIT en el estándar G.107 para determinar la calidad del servicio de voz sobre IP percibida por un usuario (Típico) mediante variables medibles. Como resultado de esta técnica se obtiene un valor escalar “R” que representa un determinado nivel de calidad.

El valor R, se obtiene de la fórmula:

$$R = (R_o - I_s) - I_d - I_{e-eff} + A$$

Dónde:

- **R<sub>o</sub>**: efecto del ruido
- **I<sub>s</sub>**: (relacionado con el volumen de la conexión y con la cuantificación) son intrínsecos a la señal de voz en la entrada de la red y no dependen de ésta. Pueden considerarse irrelevantes al comparar VoIP a llamadas PSTN.

- **Id**: modela las degradaciones producidas por los retardos y el eco, mientras que **le-eff** representa las degradaciones producidas por los códecs y por las pérdidas de paquetes de distribución aleatoria.
- **A**: representa el factor de ventaja. Significa que el usuario aceptaría una degradación en la calidad a cambio de facilidad de acceso (por ejemplo, en telefonía móvil o satelital).
- **El termino le-eff**: representa las degradaciones de la señal debido a los códecs y a la pérdida de paquetes. Se añadió recientemente, para considerar el "*recency effect*". La calidad del servicio se divide en intervalos iguales de tiempo, con pérdidas uniformes. El cambio en el número de perdidas determina el nivel de calidad que percibe el usuario.

La calidad de la voz cae en el rango de 70, por lo que  $R=70$  ( $MOS=3,6$ ) será el valor de referencia para evaluar la capacidad en este estudio. Este será el valor mínimo que debería de cumplir un códec para determinar que una llamada se realiza con cierta calidad.

### 3.3 Softphones

La aplicación móvil actúa como cliente para el Softswitch; ésta permite la creación de cuentas de usuario donde es posible configurar los datos de conexión al servidor y la información de autorización (usuario y contraseña).

SIPDroid es un cliente VoIP disponible para dispositivos Android que utiliza el protocolo SIP. Es un software de código abierto, bajo licencia GPL, desarrollado completamente en Java (Android) y que brinda múltiples posibilidades para la comunicación, entre ellas:

- Formato de cambio de número
- Soporte de varios modos de tonos DTMF
- Soporte para NAT (traducción de direcciones de red)
- Llamadas salientes simultáneas
- Enmascaramiento para llamadas anónimas
- Enrutamiento para llamadas entrantes basado en tiempo
- Transferencia de llamadas asistido

- Conferencias
- Recepción de vídeo

En la opción “Ajustes” de SIPDroid, el usuario puede configurar los parámetros más relevantes de la aplicación, entre estos se encuentra la creación de una cuenta SIP, calidad de audio/video y códecs.

Para su configuración, la aplicación solicita el ingreso de unos datos mínimos, por medio de los cuales busca el servidor en la red y realiza el registro del cliente.

En la Figura 3.1 se muestra la pantalla de configuración de una cuenta SIP dentro de la aplicación SIPDroid. Allí se ingresan los datos de identificación del usuario (usuario de autorización y contraseña) y la información de red del servidor (dirección IP pública y privada) y se habilita el uso tanto de redes 3G como de redes WLAN para el establecimiento de la conexión.



**Figura 3: 1 Configuraci3n de una cuenta SIP en la aplicaci3n.**

OpenEye es un softphone que integra los servicios de voz, video y datos, disponible para dispositivos con sistema operativo Windows, utiliza protocolo SIP o H.323 para registrarse en el Softswitch, brinda múltiples posibilidades para la comunicación, entre ellas[33]:

- Transferencia de llamadas asistido
- Conferencias
- Recepción de vídeo
- Contestadora automática
- Identificador de llamada

En la Figura 3.2 se muestra la pantalla de configuración de una cuenta SIP dentro de la aplicación OpenEye, donde se especifica los datos de identificación del usuario (usuario de autorización y contraseña) y la dirección IP del Softswitch activo y de reserva.



**Figura 3: 2 Configuración de una cuenta SIP en la aplicación.**

En ambos casos es necesario configurar el identificador del usuario, la contraseña y el número telefónico en el Softswitch (ver anexo 6), coincidiendo con lo que está configurado en los terminales de los usuarios para que se puedan registrar correctamente.

### 3.4 Análisis de los resultados

A continuación se analiza una llamada realizada desde un terminal SIP móvil, utilizando SIPDroid, a un usuario de la red fija perteneciente a la red NGN de Guantánamo.

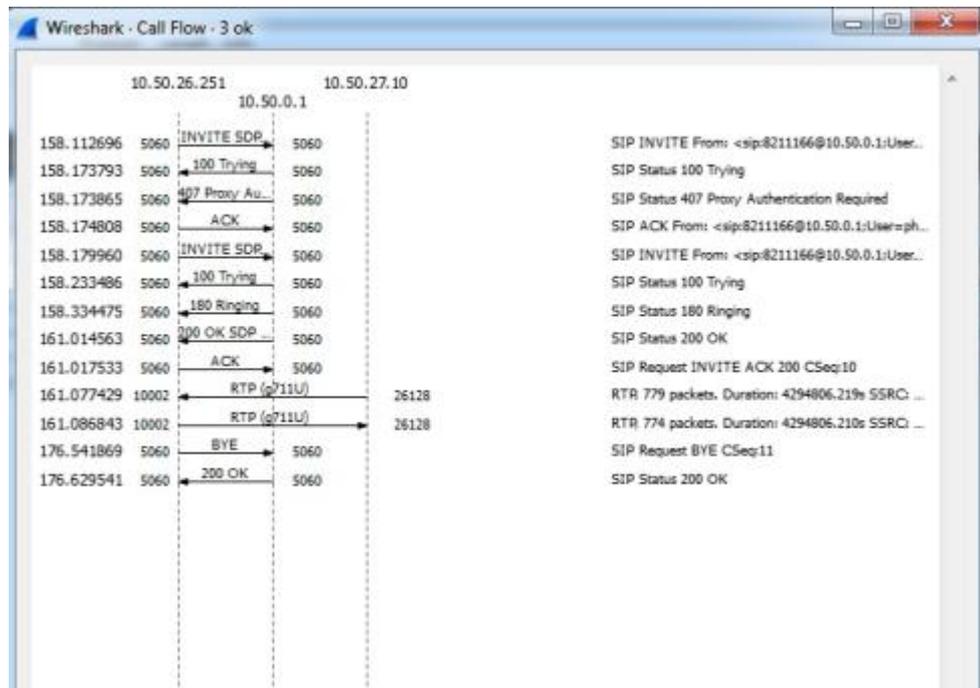


Figura 3: 3 Llamada monitorizada con el programa Wireshark.

Para iniciar la sesión SIP el usuario A (10.50.26.251) envía al Softswitch (10.50.0.1) un *INVITE*. Luego de analizar el *INVITE* en el Softswitch, el mismo envía un *INVITE* al usuario B (10.50.27.10) esta es la IP del elemento de acceso donde está instalado el usuario B.

Como respuesta al *INVITE* el Softswitch envía un mensaje *TRYING* al usuario A, indicando que la petición se ha enviado al usuario B y que se está esperando a recibir la confirmación. Con ello se evita que el usuario inicial no sepa el estado de la conversación. Si en un cierto tiempo *T* no se ha recibido la confirmación al *INVITE* se podrá cancelar la llamada. Cabe destacar que se trata de una respuesta tipo 100 que es de tipo informativo.

Los siguientes mensajes que aparecen 407 y ACK no tienen que ver con el progreso de la llamada, esto es parte del proceso de autenticación del terminal SIP en el Softswitch.

### CAPÍTULO 3. Evaluación de los resultados

Posteriormente se envía el mensaje 180 *RINGNING* para informar al usuario A que el *INVITE* ha sido recibido correctamente por el destinatario.

El siguiente mensaje que se envía es el de 200 OK desde el usuario B al Softswitch y este a su vez se lo envía al usuario A. Con el mismo se confirma que la petición (*INVITE*) ha tenido éxito: se ha aceptado la llamada.

Para finalizar el establecimiento se envía del usuario A al Softswitch y este hacia el usuario B un mensaje ACK. El procedimiento para enviar ACK depende del tipo de respuesta. El mensaje ACK debe contener los valores *Call-ID*, *From* y *Contact* idénticos a los valores de la petición original (*INVITE*).

Es en este momento en que el inicio de sesión ha finalizado. A partir de aquí se observa que se envían distintas tramas RTP correspondientes a la comunicación entre el usuario A y B sin mediar Softswitch.

El comportamiento de estos paquetes se puede observar en la siguiente figura.

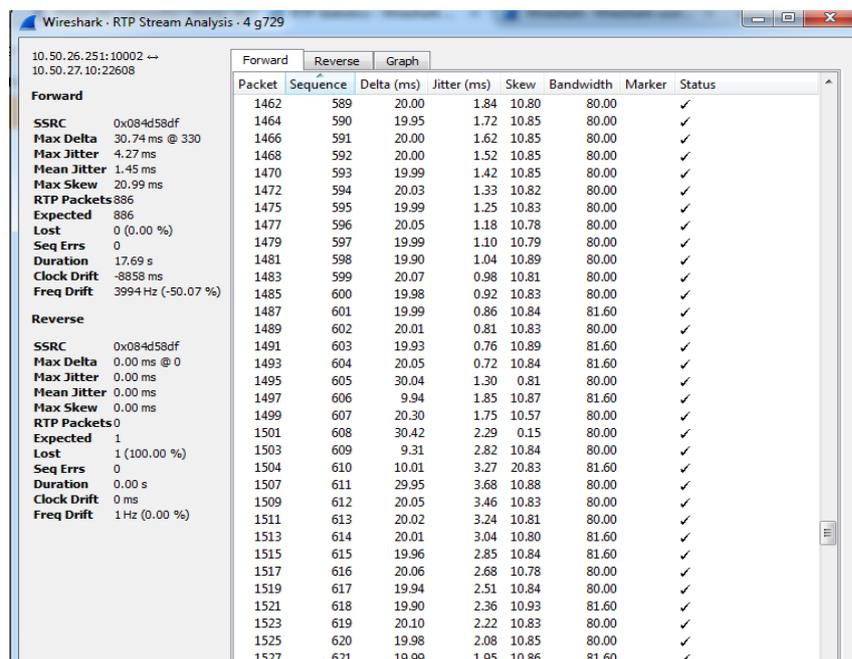


Figura 3: 4 Tramas RTP monitorizada con el programa Wireshark.

El modo de finalizar una conversación es enviando un mensaje *BYE*. Es importante destacar que, este mensaje no debe de ser enviado exclusivamente por el participante que inició la conversación, sino que puede ser utilizado por cualquiera de ellos. En este caso es el usuario A quien da por finalizada la conversación.

Esta misma llamada fue observada por el sistema de gestión U2000 perteneciente a la red NGN Huawei (ver anexo 7).

A continuación se muestra imágenes de la configuración y del progreso de la llamada desde la aplicación SIPDroid instalada en un móvil para la prueba.



**Figura 3: 5 Imágenes de la aplicación SIPDroid durante el proceso de una llamada.**

Desde el punto de vista de QoS se realizaron varias llamadas hacia varios destinos con características diferentes y al mismo tiempo modificando el códec de audio entre G.711, G.729 y G.723.1:

- Un terminal móvil con la aplicación SIPDroid llamando a otro similar a través de la red Wi-Fi.
- Un terminal móvil con la aplicación SIPDroid llamando a un usuario de la red fija.
- Un terminal móvil con la aplicación SIPDroid llamando a otro móvil conectado a la red GSM.

Para esto se utilizaron varias herramientas con el objetivo de obtener los valores de pérdida de paquetes, jitter, latencia, entre otros parámetros que permitiera calcular el valor del factor R y el MOS con el modelo E, dentro de las herramientas se encuentran:

- Wireshark
- U2000
- Acrylic\_WiFi

### CAPÍTULO 3. Evaluación de los resultados

En cada escenario se realizaron como promedio 20 llamadas y se calculó el valor medio de la latencia para cada caso, con respecto a la perdida de paquete siempre estuvo en 0%.

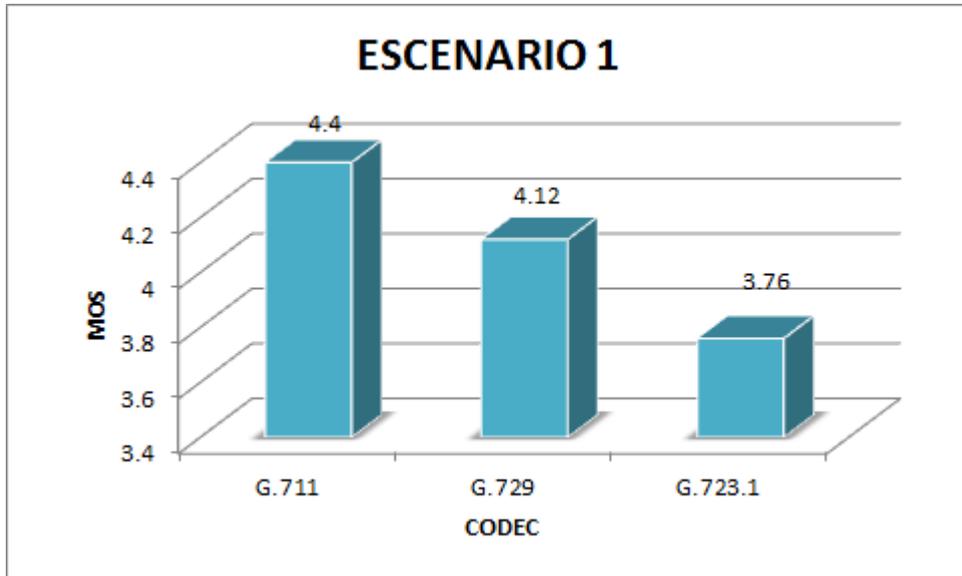


Figura 3: 6 Comportamiento del MOS escenario1.

El escenario 1 representa a las llamadas realizadas desde un terminal SIP configurado en un móvil con la aplicación SIPDroid a otro igual conectado al mismo AP, para este caso el valor promedio de la latencia fue de 15 ms.

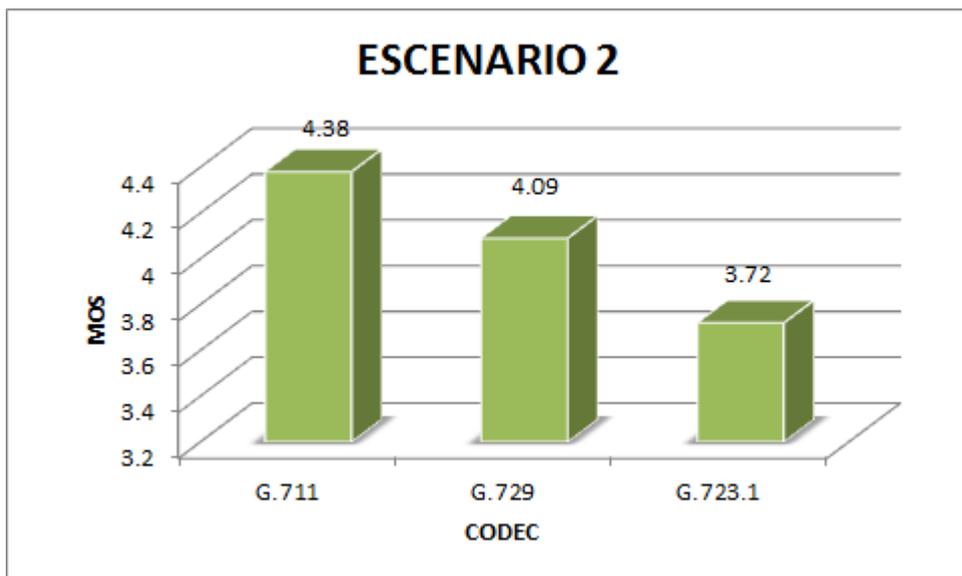
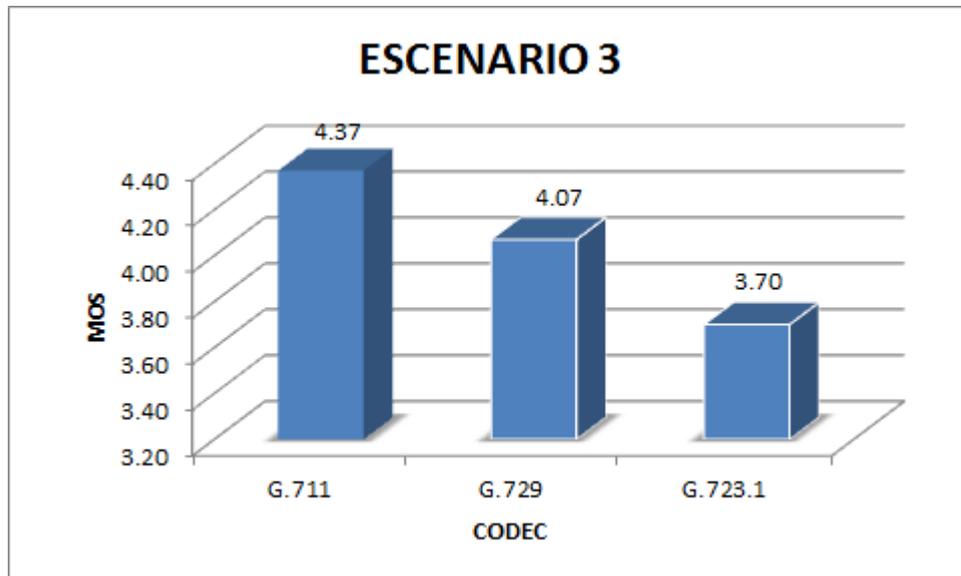


Figura 3: 7 Comportamiento del MOS escenario2.

El escenario 2 representa las llamadas realizadas desde un terminal SIP configurado en un móvil con la aplicación SIPDroid a un número fijo perteneciente a la red de NGN Huawei en Guantánamo, para este caso el valor promedio de la latencia fue de 50 ms.



**Figura 3: 8 Comportamiento del MOS escenario3.**

El escenario 3 representa las llamadas realizadas desde un terminal SIP configurado en un móvil con la aplicación SIPDroid a un móvil perteneciente a la red de la empresa de ETECSA, para este caso el valor promedio de la latencia fue de 75 ms.

### 3.5 Conclusiones

En este capítulo se implementó la propuesta de arquitectura descrita en el capítulo anterior y para su evaluación se realizaron varias llamadas en diferentes escenarios. Se utilizó el modelo E para calcular el valor del MOS en cada escenario, los resultados estuvieron entre 3,70 y 4,4 demostrando que todas las llamadas estuvieron una calidad de servicio aceptada por los usuarios, siendo el códec G.711 el de mejor resultado. Por otra parte se analizó el proceso de establecimiento de la llamada comentando todos los mensajes intercambiados entre el Softswitch y el terminal SIP configurado en el usuario.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Como resultado de este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se describieron las principales características de las tecnologías de Wi-Fi y VoIP, enfatizando en las mejoras que se han realizado en las redes inalámbricas desde el punto de vista de ancho de banda y calidad de servicio, lo que ha permitido a los operadores de telecomunicaciones a nivel mundial a implementar redes de VoWi-Fi, lo cual constituyó el punto de partida de esta investigación.
2. Se diseñó una red de VoWi-Fi que satisface las necesidades de ETECSA y de los usuarios en los hoteles, sin necesidad de invertir en nuevos equipamientos, teniendo en cuenta las arquitecturas propuestas por el proveedor Huawei.
3. La evaluación técnica realizada a la propuesta de arquitectura de red para brindar servicio de VoWi-Fi por ETECSA en los hoteles demostró que:
  - Es factible la interoperabilidad con otras redes.
  - Las llamadas tuvieron una calidad de servicio aceptada por los usuarios, avalada por los valores obtenidos del MOS en cada caso.
  - El códec de mejor calidad de servicio fue el G.711 en todos los escenarios.

Con estos resultados se le da respuesta al problema científico planteado en esta investigación.

### Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el proceso investigativo se recomienda:

- Implementar la arquitectura de red que se propone para brindar servicio de voz sobre la red Wi-Fi existente en los hoteles.
- Generalizar esta arquitectura de red para áreas de Wi-Fi público existente en todas las provincias del país.
- Continuar con el estudio del tema para lograr la integración con la red LTE que se planifica en la empresa.

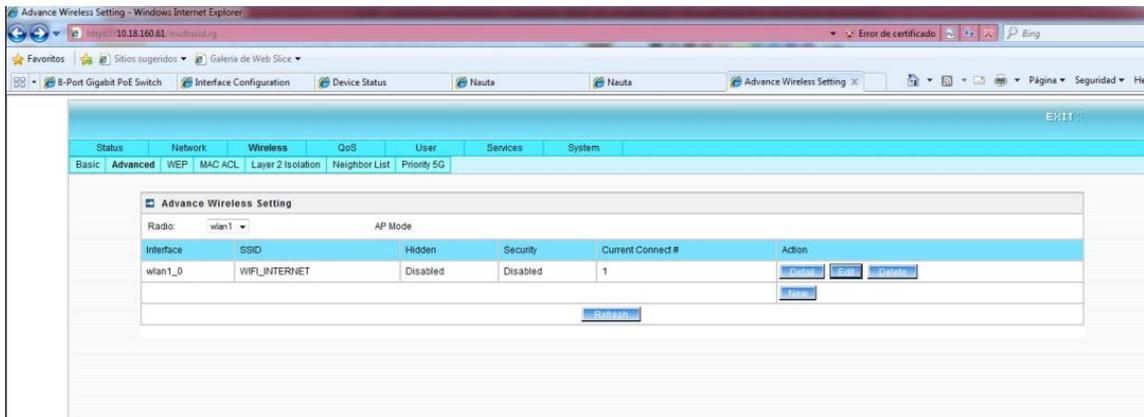
## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS

- [1] T. Russell, *Session Initiation Protocol (SIP): Controlling Convergent Networks*, 1st ed. McGraw-Hill Osborne Media, 2008.
- [2] O. Salcedo, D. López, y C. A. Hernández, «Estudio comparativo de la utilización de ancho de banda con los protocolos SIP e IAX», *Rev. Tecnura*, vol. 16, n.º 34, pp. 171-187, dic. 2012.
- [3] A. B. Johnston, *SIP: Understanding the Session Initiation Protocol*. Artech House, 2009.
- [4] «SoftX3000 Hardware Description Manual.pdf». .
- [5] «IEEE SA - 802.11-2012 - IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks-- Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications», 2012. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11-2012.html>. [Accedido: 31-may-2016].
- [6] «Wireless LAN (Wifi) Tutorial», 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.tutorial-reports.com/wireless/wlanwifi/index.php>. [Accedido: 31-may-2016].
- [7] M. I. L. A y P. A. V. S, «Espectro ensanchado por secuencia directa», *Sci. Tech.*, vol. 1, n.º 44, pp. 167-172, abr. 2010.
- [8] «FÍSICA DE LAS ONDAS RADIOELÉCTRICAS DENTRO DEL ESTÁNDAR IEEE802.11b - fis\_ondas\_rad\_ieee802-11b.pdf». .
- [9] «Implementación de sistema MIMO mediante modulación OFDM - PFC\_daniel\_perez\_vaquero\_2014.pdf». .
- [10] «08-802.11-Francisco-Lopez-Ortiz-res.pdf». .
- [11] «08-802.11-Francisco-Lopez-Ortiz-res.pdf». .
- [12] «IEEE SA - 802.11e-2005 - IEEE Standard for Information technology--Local and metropolitan area networks--Specific requirements--Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications - Amendment 8: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements», 2005. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11e-2005.html>. [Accedido: 13-may-2016].
- [13] I. Armuelles-Voinov, J. Chung-Miranda, y A. Chung-Cedeño, «Evaluation of QoS provisioning in nodes of Wireless Mesh Networks based on IEEE 802.11s», en *2014 IEEE Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV)*, 2014, pp. 1-6.
- [14] «IEEE SA - 802.11a-1999 - IEEE Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: High Speed Physical Layer in the 5 GHz band», 1999. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11a-1999.html>. [Accedido: 07-may-2016].
- [15] «IEEE SA - 802.11b-1999 - IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and Metropolitan networks - Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz band», 1999. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11b-1999.html>. [Accedido: 07-may-2016].
- [16] «IEEE SA - 802.11g-2003 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band», 2003. [En línea]. Disponible en:

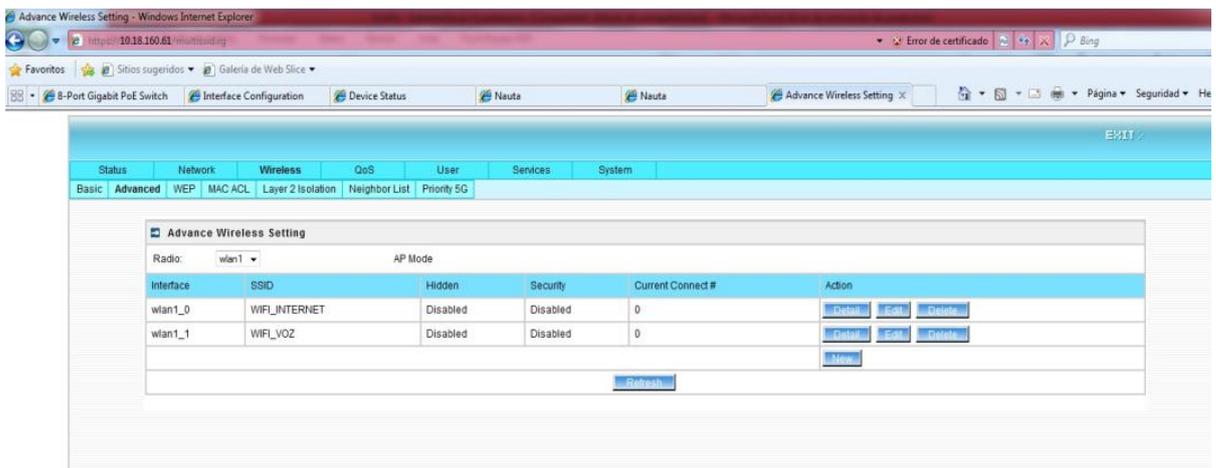
- <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11g-2003.html>. [Accedido: 07-may-2016].
- [17] «IEEE SA - 802.11n-2009 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC)and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput», 2009. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11n-2009.html>. [Accedido: 07-may-2016].
- [18] «IEEE SA - 802.11ac-2013 - IEEE Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks-- Specific requirements--Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications--Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz.», 2013. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11ac-2013.html>. [Accedido: 07-may-2016].
- [19] «IEEE SA - 802.11ad-2012 - IEEE Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 3: Enhancements for Very High Throughput in the 60 GHz Band», 2012. [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11ad-2012.html>. [Accedido: 07-may-2016].
- [20] A. Galera, «802.11ah “HaLow”, la nueva WiFi de alto alcance», *WWWhat’s new? - Aplicaciones, marketing y noticias en la web*, 04-ene-2016. .
- [21] «Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020 White Paper - Cisco». [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>. [Accedido: 17-may-2016].
- [22] «Cisco Voice over Wi-Fi Solution», *Cisco*. [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/voice-over-wi-fi-solution/index.html>. [Accedido: 08-may-2016].
- [23] «Mavenir™ Añade Movilidad a la Voz sobre Wi-Fi | Business Wire», 23-jun-2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.businesswire.com/news/home/20140623006096/es/>. [Accedido: 18-may-2016].
- [24] E. Summa, «Ericsson habilitará WiFi Calling y VoLTE para Cable & Wireless en Panamá | Revista Summa», 22-feb-2016. .
- [25] Kevin Fitchard, «Wi-Fi calling: qué es y cuándo usarlo», *Telesemana*, 15-jun-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.telesemana.com/blog/2015/06/15/wi-fi-calling-que-es-y-cuando-usarlo/>. [Accedido: 08-may-2016].
- [26] M. Cid, «WiFi-calling o llamadas por WiFi, la solución para lugares con mala o nula cobertura móvil», *Xataka Móvil*, 15-sep-2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.xatakamovil.com/conectividad/wifi-calling-o-llamadas-por-wifi-la-solucion-para-lugares-con-mala-o-nula-cobertura-movil>. [Accedido: 20-may-2016].
- [27] I. Gagro y R. Cavor, «SBC implementation in next generation networks (NGN)», en *2010 Proceedings of the 33rd International Convention MIPRO*, 2010, pp. 324-329.
- [28] «Browan Communications Inc.», 2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.browan.com.tw/products/products\\_bw1254.php](http://www.browan.com.tw/products/products_bw1254.php). [Accedido: 18-oct-2016].
- [29] «TRENDnet | Support | TPE-80WS | 8-Port Gigabit Web Smart PoE Switch». [En línea]. Disponible en: [https://www.trendnet.com/support/supportdetail.asp?prod=125\\_TPE-80WS](https://www.trendnet.com/support/supportdetail.asp?prod=125_TPE-80WS). [Accedido: 18-oct-2016].

- [30] «P.800 : Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión», ago-1996. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-I/es>. [Accedido: 14-nov-2016].
- [31] «G.107 : El modelo E: un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión», jun-2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.107/es>. [Accedido: 14-nov-2016].
- [32] «OpenEye Product Documentation V300R001C60SPC011\_01 (2015-12-25)», 25-dic-2015. [En línea]. Disponible en: <http://huawei/newhdx.cgi?fe=0&lib=SEE12252&v=01&homepage=resources%2Fhedex-homepage.html&time=1479140604291>. [Accedido: 14-nov-2016].

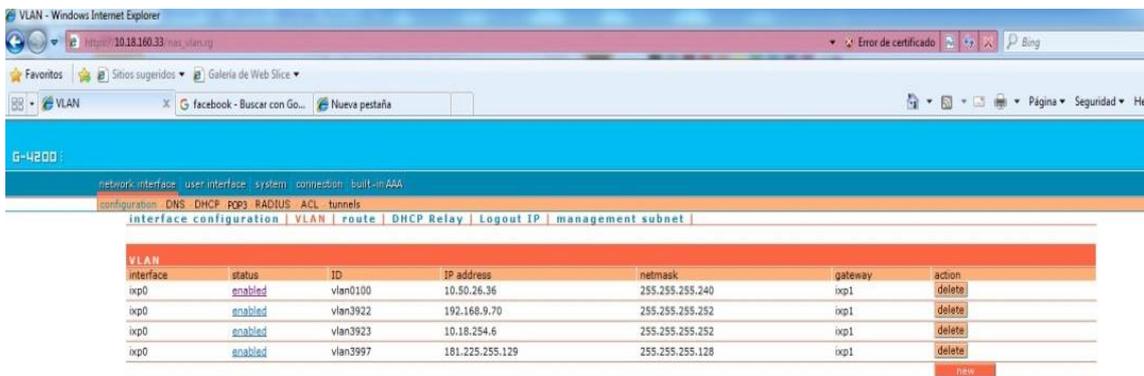
**Anexo 1:** Configuración actual de los AP para brindar servicio de Internet a través de nauta.



**Anexo 2:** Configuración de dos SSID en el AP

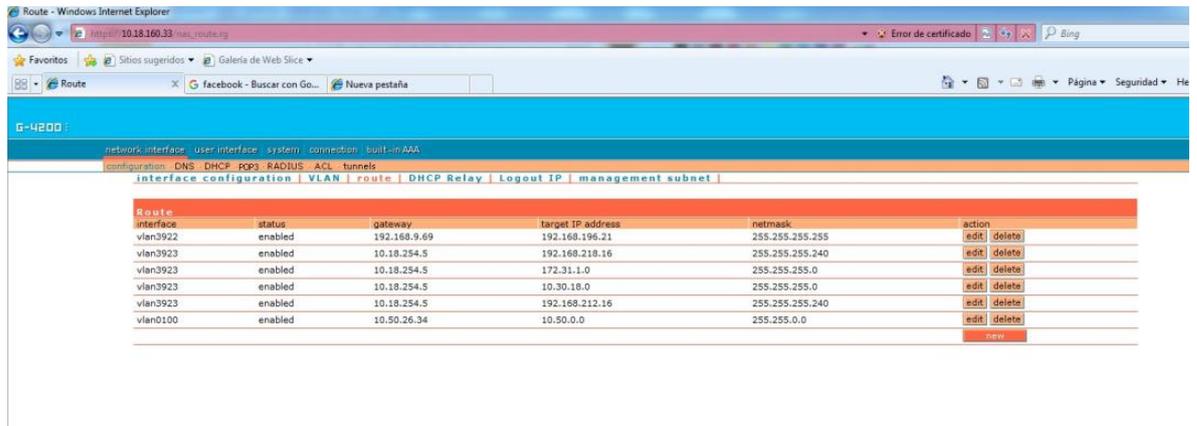


**Anexo 3:** Configuración de las diferentes VLAN en el AC.

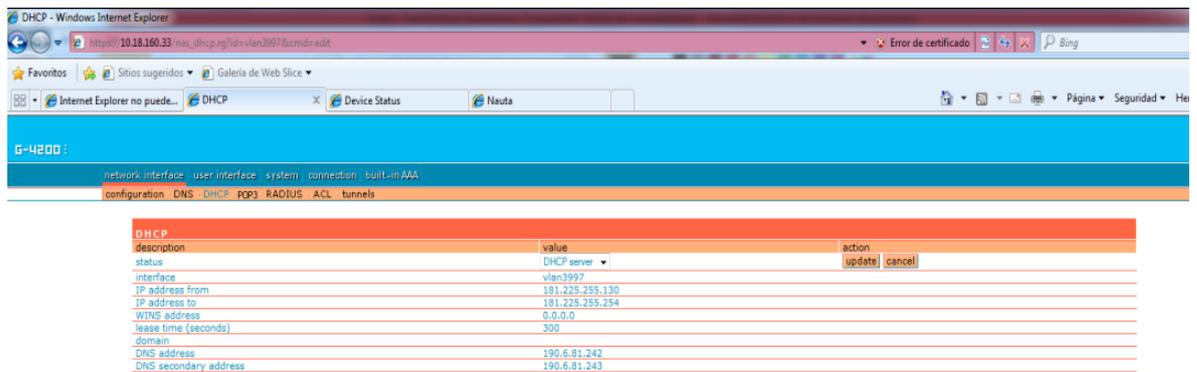


## ANEXOS

### Anexo 4: Configuración de las diferentes rutas en el AC.



### Anexo 5: Configuración en el AC de servidor DHCP.



### Anexo 6: Configuración de un usuario multimedia en el Softswitch.

Display SIP Register Data

-----

FCCU module number = 32  
Equipment ID = 8211166  
Protocol type = SIP  
IFMI module number = 132  
Device type = Terminal  
Authorization password = \*\*\*\*\*  
Authorization type = No authorization  
IP address for authentication = 255.255.255.255  
2833 encryption flag = Not support 2833 encryption  
Send special tone = Not need MRS to send special tone  
Origin IP domain = 65535  
Codec support = G.711A  
= G.711u  
= G.723.1  
= G.726  
= G.728  
= G.729  
= S2833  
= G726-40

## ANEXOS

= G726-32  
= G726-24  
= G726-16  
= H.261  
= H.263  
= MPEG4Video  
= H264  
= T120  
= T38  
= AMR  
= CLEARMODE  
= ILBC  
= G.722  
= GSM-FR  
Master/Slave softswitch flag = Master  
Description = NULL  
IMS endpoint flag = No

### User Physical Location

-----  
Equipment ID = 8211166  
Master/Slave softswitch flag = Master

### MSBR user description

-----  
Local DN set = 7  
Subscriber number = 78211166  
FCCU module number = 32  
Equipment number = 0  
Port type = SIP subscriber  
Centrex group number = NULL  
Centrex sub group = NULL  
Centrex short number = NULL  
Number state = Normal  
Subscriber type = Ordinary  
Subscriber status = Normal  
Additional status = Ordinary  
Call source code = 535  
PBX group number = No  
Custom subscriber type = NULL  
If allow PIN contrl new service = Allowed  
CallWatchFlag = False  
iCallObserveFlag = No watch  
Audio codec prefer = G.729B  
Video codec prefer = No prefer  
Preselect policy code = 65535  
If allow newservice local control by pin = Collect call screening  
= Password call barring  
= Number barring  
If allow newservice remote control by pin = NULL  
Vms index = NULL  
Overload priority level = 0  
Equipment ID = 8211166  
Master/Slave softswitch flag = Master  
NP number = NULL

### Charging attribute

-----  
Subscriber number = 78211166  
Charging source code = 0  
Callee charging source code = No  
Charging complaint = False  
Charging category = Periodic  
Charge pulse = 0  
Identifier of bill time = 0  
USB flag = NO

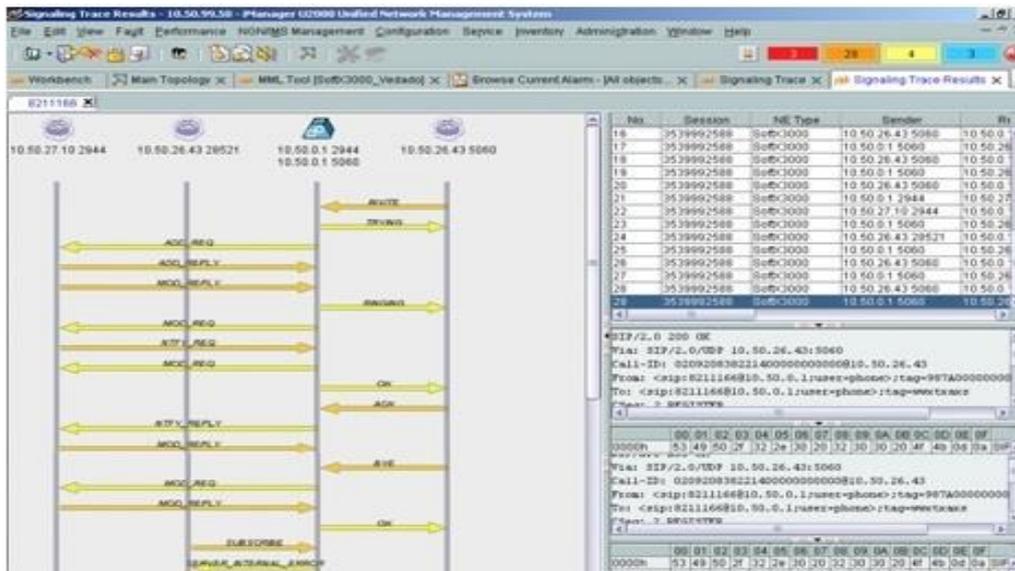
### User authority

-----

# ANEXOS

- Subscriber number = 78211166
- Call-out authority = Intra-office
  - = Local
  - = Local toll
  - = National toll
  - = Intra-Centrex
  - = Outgoing Centrex
  - = Intra-office national toll
  - = Intra-office international toll
  - = Intra-centrex local toll
  - = Intra-centrex national toll
  - = Intra-centrex international toll
  - = Intra-office local toll
- Call-in authority = Intra-office
  - = Local
  - = Local toll
  - = National toll
  - = International toll
  - = Intra-Centrex
  - = Incoming Centrex
  - = Intra-office national toll
  - = Intra-office international toll
  - = Intra-centrex local toll
  - = Intra-centrex national toll
  - = Intra-centrex international toll
  - = Intra-office local toll
- Supplementary service = NULL
- Extended supplementary service = NULL
- Call-out password = \*\*\*\*\*
- Super do not disturb password = \*\*\*\*\*
- Call barring group number = No
  - K value = K0
- Support COTI call in = False
- If allow newservice local control by pin = Collect call screening
  - = Password call barring
  - = Number barring
- If allow newservice remote control by pin = NULL
  - Vms index = NULL

## Anexo 7: Traza de una llamada desde un móvil con la aplicación SIPDroid a un usuario de la red NGN fija de Guantánamo.



## **GLOSARIO DE TERMINOS**

3GPP: (Third Generation Partnership Project). Proyecto de asociación de tercera generación

AAA: (Authentication, Authorization and Accounting). Autenticación, autorización y contabilización

ACK: (Acknowledge). Reconocimiento

AIFS: (Arbitration Inter-Frame Space). Arbitraje de espacio entre tramas

CDMA: (Code Division Multiple Access). Acceso múltiple por división de código

CFP: (Coordinated Function Period). Período de funciones coordinadas

CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access /Collision Avoidance. Acceso múltiple por sensado de canal con evasión de colisiones

CTS: (Clear To Send). Listo para enviar

CW: (Contention Window). Ventana de contención

DBPSK : (Differential Binary Phase Shift Keying). Codificación PSK binaria diferencial

DCF: (Distributed Coordination Function). Función de coordinación distribuida

DQPSK: (Differential Quadrature Phase Shift Keying). Codificación PSK por cuadratura diferencial.

DSSS: (Direct Sequence Spread Spectrum). Espectro ensanchado de secuencia directa.

DTMF: (Dual - tone multi -frequency signaling). Señalización de tono multifrecuencia.

EDCA: (Enhanced Distributed Channel Access). Acceso a Canal Distribuido Mejorado

CF-Poll: Función de coordinación por censo

CF-Pollable: Función de coordinación que emplea sistema de censado

EPC: (Evolved Packet Core). Núcleo de paquetes evolucionado

EPDG: (Evolved Packet Data Gateway).

FHSS: (Frequency Hopping Spread Spectrum). Espectro ensanchado con saltos en frecuencia

FSK: (Frequency Shift Keying). Codificación por Cambio de Frecuencia

GPRS: (General Packet Radio Service). Servicio radio de paquetes general

- GSM: (Global System for Mobile Communications). Sistema global de comunicaciones para móviles
- HCCA: (HCF Controlled Channel Access). Acceso a Canal Controlado HCF
- HCF: (Hybrid Coordination Function). Función de Coordinación Híbrida
- HTTP: (Hypertext Transfer Protocol). Protocolo de transferencia de hipertexto
- IAX: (Inter Asterisk eXchange). Protocolo utilizado por Asterisk para VoIP
- IEEE: (Institute of Electrical and Electronic Engineering). Instituto de Ingenieros eléctricos y Electrónicos
- IETF: (Internet Engineering Task Force). Grupo de trabajo de ingeniería de la internet
- IMS: (IP Multimedia Subsystem). Subsistema multimedia IP
- IP: (Internet protocol). Protocolo de internet
- IP/MPLS: (Internet protocol-Multiprotocol Label Switching). Protocolo de internet-Commutación de etiquetas multiprotocolo
- IPSec: (IP Security Protocol). Protocolo de Seguridad IP
- ITU: (International Telecommunication Union). Unión Internacional de Telecomunicaciones
- LAN: (Local Area Network). Red de area local
- LLC: (Logical Link Control). Control de enlace lógico.
- LTE: (Long Term Evolution). Evolución a Largo Plazo
- MAC: (Medium Access Control). Control de acceso al medio
- MACA: (MultiAccess Collision Avoidence). Prevención de colisión multiacceso
- MG: (Media Gateway). Entrada de datos entre la red IP y la red PSTN
- MGCP: (Media Gateway Control Protocol). Protocolo de Control del MG
- MOS: (Mean Opinion Score). Puntuación de opinión media
- MPDU: (MAC Protocol Data Unit). Unidad de datos del protocolo MAC
- NAT: (Network Address Translator). Traductor de direcciones de red
- NAV: (Network Access Vector). Vector de acceso a red
- NGN: (New Generation Network). Red de Nueva Generación
- OFDM: (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Multiplexación por división de frecuencias ortogonales

- OTT: (Over-the-top). Servicios ofrecidos sobre una red de comunicaciones que no son ofrecidos por el proveedor de la red
- PC: (Point Coordination). Punto de coordinación
- PIFS: (PCF InterFrame Spacing). Espaciado intertrama PCF
- PCF: (Puntual Coordination Function). Función de coordinación centralizada
- PING: (Packet Internet Groper). Paquete ICMP para probar conexión de red
- P-GW: (Packet Data Network Gateway).
- PHY: (Physical Layer). Capa física
- QAM: (Quadrature Amplitude Modulation). Modulación por amplitud en cuadratura
- QoS: (Quality Of Service). Calidad de servicio
- RF: (Radio Frequency). Radio frecuencia
- RTCP: (Real Time Control Protocol). Protocolo de Control de Tiempo Real
- RTP: (Real Time Protocol). Protocolo de tiempo real
- RTS: (Request To Send). Solicitud para Enviar
- SBC: (*Session Border Controller*). Controlador de secciones de borde
- SCCP: (Skinny Call Control Protocol)
- SDP: (Session Description Protocol). Protocolo de descripción de sesiones multimedia
- SIM: (Subscriber Identifcation Module). Tarjeta de identificación de usuario en GSM
- SIP: (Session Initiation Protocol). Protocolo de Iniciación de Sesión
- SMTP: (Simple Mail Transfer Protocol). Protocolo para transferencia simple de correo
- SSID: (Service Set Identifier). Identificador de conjunto de servicio
- TCP/IP: (Transmission Control Protocol-Internet Protocol). Protocolo de control de transmisión-protocolo internet
- TIC: Tecnologías de la información y la comunicación
- TLS: (Transport Layer Security). Seguridad de Capa de Transporte
- UDP: (User Datagram Protocol). Protocolo por datagrama de usuario
- UMA: (Unlicensed Mobile Access). Acceso Móvil Sin Licencia
- VLAN: (Virtual Local Area Network). Red de Área Local Virtual

VoIP: (Voice over IP). Voz sobre IP

VoLTE: Voz sobre LTE

VoWi-Fi: Voz sobre Wi-Fi

VoWLAN: Voz sobre WLAN

Wi-Fi: (Wireless Fidelity). Fidelidad Inalámbrica

WLAN:(Wireless Local Area Network). Red de Área Local Inalámbrica

WMM: Wi-Fi Multimedia