



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO Y PROPUESTA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES *ETHERNET*  
*WORP* EN UNA RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP**

**Wilfredo Adolfo Soberanis Alonzo**

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez García de Loukota

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y PROPUESTA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES *ETHERNET*  
*WORP* EN UNA RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**WILFREDO ADOLFO SOBERANIS ALONZO**

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ GARCÍA DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
EXAMINADORA	Inga. María Magdalena Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO Y PROPUESTA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES *ETHERNET*  
*WORP* EN UNA RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 10 de julio de 2009.



**Wilfredo Adolfo Soberanis Alonzo**

Guatemala 29 de octubre del 2012

Ingeniero  
Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **“ESTUDIO Y PROPUESTA TECNICA PARA LA IMPLEMENTACION DE ENLACES ETHERNET WORP EN UNA RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP”**, del señor **Wilfredo Adolfo Soberanis Alonzo**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota  
Colegiada 5,356  
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota

Ingeniera en Electrónica

Colegiado 5356

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 09.2013.  
Guatemala, 19 de NOVIEMBRE 2012.

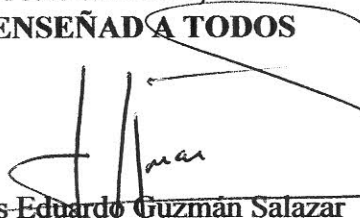
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

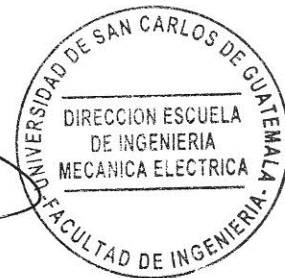
Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
“ESTUDIO Y PROPUESTA TÉCNICA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES ETHERNET WORP EN UNA  
RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ  
SOBRE IP”, del estudiante Wilfredo Adolfo Soberanis Alonzo,  
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑADA TODOS

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



CEGS/sro



REF. EIME 10. 2013.

**El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; WILFREDO ADOLFO SOBERANIS ALONZO titulado: “ESTUDIO Y PROPUESTA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES ETHERNET WOPR EN UNA RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP”, procede a la autorización del mismo.**

**Ing. Guillermo Antonio Puente Romero**



**GUATEMALA, 12 DE MARZO 2,013.**



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO Y PROPUESTA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES ETHERNET WOPR EN UNA RED EMPRESARIAL QUE BRINDE SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP**, presentado por el estudiante universitario: **Wilfredo Adolfo Soberanis Alonzo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Poiras  
Decano



Guatemala, noviembre de 2015

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Que con su bendición y ayuda hiciera posible el cumplimiento de esta importante meta.

### **Mis padres**

Mario René Soberanis Rivera y Vilma Aracely Alonzo Hernández, por su todo su esfuerzo y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Mi hermano</b>	Jorge Mario Soberanis Alonzo, por brindarme su apoyo incondicional y ser un ejemplo constante de responsabilidad.
<b>Mi esposa y suegra</b>	Angélica Anleu y Ludmila Mejía de Anleu, por motivarme a concluir este trabajo.
<b>Mis amigos</b>	Todas aquellos que a lo largo de la vida han compartido conmigo buenas y malas experiencias.
<b>Mi asesora</b>	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez García de Loukota, por toda la paciencia, apoyo y asesoría brindada.
<b>Mi familia</b>	Por su apoyo moral.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. REDES.....	1
1.1. Concepto de una red.....	1
1.2. La vida en un mundo centrado en la red .....	2
1.3. Topología de redes.....	3
1.3.1. Topología de bus .....	4
1.3.2. Topología de anillo .....	5
1.3.3. Topología de estrella .....	5
1.4. Protocolos de comunicación.....	6
1.4.1. Modelo OSI.....	6
1.4.2. Modelo TCP/IP .....	9
1.4.3. Comparativa entre los protocolos .....	10
1.5. Descripción general de Ethernet .....	11
1.5.1. Estándares e implementación.....	12
1.5.2. Ethernet.....	13
1.5.2.1. Capa 1 y capa 2 del modelo OSI .....	14
1.5.2.2. Capa física de Ethernet .....	15
1.5.2.2.1. Ethernet de 10 y 100 Mbps.....	15

	1.5.2.2.2.	Ethernet de 1 000 Mbps o 1 Gbps.....	18
	1.5.2.2.3.	Opciones futuras .....	19
1.6.		Estándares de la IEEE .....	20
1.7.		Equipos de comunicación .....	21
	1.7.1.	Puente o <i>bridge</i> .....	22
	1.7.2.	Conmutador <i>Ethernet</i> .....	22
	1.7.3.	<i>Router</i> o ruteador .....	23
	1.7.4.	<i>Firewall</i> o corta fuegos .....	23
1.8.		Enrutamiento y envío de paquetes.....	24
	1.8.1.	Enrutamiento estático.....	25
	1.8.2.	Enrutamiento dinámico.....	26
	1.8.2.1.	Rip.....	27
	1.8.2.2.	OSPF.....	29
2.		REDES INALÁMBRICAS .....	31
	2.1.	Redes híbridas .....	32
	2.2.	Utilización del espacio-tiempo y del espectro de redes en RF .....	32
	2.3.	Comportamiento de RF .....	33
	2.3.1.	Secuencia directa .....	34
	2.3.2.	Salto de frecuencia.....	34
	2.4.	Principio de antenas.....	35
	2.4.1.	Antena parabólica .....	36
	2.4.2.	Antenas direccionales .....	38
	2.5.	Estándares IEEE .....	39
3.		SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE VOZ TRADICIONAL .....	43
	3.1.	Historia de la telefonía.....	43

3.2.	Red de telefonía pública conmutada .....	46
3.2.1.	Funcionamiento .....	46
3.2.2.	Conmutador .....	47
3.2.3.	Medios de transmisión .....	48
3.2.4.	PBX .....	48
4.	TECNOLOGÍA DE VOZ SOBRE IP (VOIP).....	51
4.1.	Funcionamiento de VoIP .....	52
4.2.	Pila de protocolos utilizados para VoIP .....	53
4.3.	Protocolos del plano de datos .....	53
4.3.1.	UDP .....	54
4.3.2.	RTP Comprimido .....	55
4.3.3.	RTCP .....	56
4.3.4.	RTPC XR .....	56
4.3.5.	CODECs.....	57
4.4.	Protocolos del plano de control .....	58
4.4.1.	Protocolo H.323.....	58
4.4.2.	Estándar SIP.....	61
4.4.2.1.	Esquema de direcciones URL .....	63
4.4.2.2.	Multimedia SIP.....	63
4.5.	Transmisión de voz sobre redes.....	65
4.5.1.	Calidad de servicio .....	65
4.5.2.	Mecanismos de señalización .....	66
4.5.2.1.	Servicios integrados .....	66
4.5.2.2.	Servicios diferenciados.....	67
4.5.3.	Medidas de la calidad de voz.....	67
4.5.4.	Medidas de la calidad de servicio .....	68
4.6.	Comparación entre telefonía tradicional (PSTN) y VoIP .....	70
4.7.	Problemas que presenta la voz sobre IP .....	71

5.	PROPUESTA Y DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES <i>ETHERNET WOrp</i> EN UNA RED EMPRESARIAL PARA SOPORTE DE VOZ POR IP .....	73
5.1.	Definición y descripción del funcionamiento de WOrp.....	73
5.2.	Análisis sobre las necesidades para implementar enlaces inalámbricos con soporte para voz sobre ip .....	80
5.3.	Pasos y propuesta de implementación de enlaces inalámbricos en una red empresarial con soporte para voz sobre IP .....	83
5.4.	Mantenimiento y supervisión de la solución .....	86
6.	ASPECTOS ECONÓMICOS Y MERCADOLÓGICOS QUE IMPULSAN LA UTILIZACIÓN DE ENLACES INALÁMBRICOS EN REDES EMPRESARIALES CON SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP ....	89
6.1.	Análisis del mercado de servicios de comunicación inalámbrica.....	89
6.2.	Políticas definidas para la implementación de enlaces inalámbricos en Guatemala.....	91
6.3.	Análisis del retorno de inversión a la propuesta y diseño de implementación de enlaces <i>Ethernet Worp</i> con soporte para voz sobre IP .....	95
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES .....	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	107

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Topología de bus .....	4
2.	Topología de anillo .....	5
3.	Topología en estrella.....	6
4.	Modelos de capas OSI .....	8
5.	Modelo de capas TPC/IP .....	9
6.	Comparativa del modelo OSI y modelo TCP/IP .....	11
7.	Ethernet.....	13
8.	Direcciones de la capa 2 limitaciones de la capa 1 .....	14
9.	Partes de una antena parabólica .....	38
10.	Porcentaje de paquetes <i>versus</i> tamaño en bits .....	78
11.	Propuesta de implementación.....	86
12.	Propuesta de implementación escenario A .....	96
13.	Propuesta de implementación, escenario B.....	98
14.	Análisis del punto de equilibrio.....	100

### TABLAS

I.	Estándares IEEE para redes inalámbricas.....	42
II.	Comparativa entre telefonía tradicional y VoIP .....	70
III.	Segmento de la tabla nacional de asignación de frecuencias.....	93
IV.	Segmento de canales y códigos aplicables a Proxim .....	94
V.	Datos aproximados de enlaces de datos .....	97

VI.	Costos aproximados de enlaces inalámbricos <i>Ethernet Worp</i> con soporte para voz sobre IP.....	99
VII.	Evaluación del proyecto.....	99
VIII.	Cálculo del retorno de inversión .....	100



## GLOSARIO

<b>Ancho de banda</b>	Cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período dado.
<b>Canal</b>	Medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de información entre el emisor y receptor.
<b>Capa</b>	Distintos niveles de estructura de paquete o de enlace utilizados en los protocolos.
<b>Dirección IP</b>	Es la identificación de un dispositivo de red.
<b>Enlace</b>	Comunicación punto a punto a través de un medio físico o inalámbrico.
<b>E1</b>	Formato de transmisión digital. Consta de 32 divisiones PCM de 64 kb cada una, haciendo un total de 30 líneas de teléfono normales y 2 canales de señalización o 2 048 kb de ancho de banda.
<b><i>Firewall</i></b>	Es un dispositivo de seguridad perimetral que permite el filtrado de paquetes IP.
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>LAN</b>	Red de área local.
<b>OSI</b>	Interconexión de sistemas abiertos y consiste en un modelo propuesto por la ISO, que define las capas de un sistema de red.
<b>Paquetes</b>	Encapsulamiento de la información que viajará en la red IP.
<b>Pyme</b>	Pequeña y mediana empresa, que maneja un volumen no muy grande de ventas y producción.
<b>PBX</b>	<i>Private Branch Exchange</i> , por sus siglas en inglés. Central telefónica y su función principal es conmutar entre 2 comunicaciones de voz.
<b>QoS</b>	Calidad de servicio y son aquellas técnicas que permite hacer la diferenciación entre paquetes de voz y datos.
<b><i>Router</i></b>	Equipo de capaz de encaminar paquetes de voz y datos entre segmentos de redes IP.
<b><i>Switch</i></b>	Un <i>switch</i> es un dispositivo de red que es capaz de buscar y seleccionar el camino correcto para enviar una serie de datos a su próximo destino.

<b>TCP</b>	Protocolo de control de transmisión, definido por la capa 4 del modelo de referencia OSI.
<b>TDM</b>	Multiplexación por división de tiempo, técnica para modular la voz utilizada por la mayoría de plantas telefónicas.
<b>Teléfono IP</b>	Dispositivo utilizado para modular la voz humana a paquetes de voz y ser procesados por un servidor de comunicaciones.
<b>Troncal</b>	Enlace que interconecta llamadas externas de una central telefónica, unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola (generalmente digital).
<b>UDP</b>	Protocolo de datagrama de usuario, definido en la capa 4 del modelo de referencia OSI.
<b>VoIP</b>	Voz sobre IP, técnica para transportar la voz humana sobre una red de datos IP.



## RESUMEN

En la actualidad la evolución de las comunicaciones crece a pasos agigantados dando cabida a constantes mejoras en las tecnologías de envío de información de un lugar a otro, como lo son las redes IP que brindan soporte para transportar mensajes de voz.

Desde que el hombre existe, ha buscado la manera de expresar sus pensamientos y acciones, con el paso del tiempo ha creado diferentes maneras de transmitir y recibir ideas, mensajes o información. En los capítulos I y II se presentan conceptos de redes cableadas, protocolos de comunicación, estándares, equipos de comunicación y redes inalámbricas; una breve historia de la telefonía convencional y la red de telefonía pública conmutada se presentan en el capítulo III, el capítulo IV presenta la tecnología de voz sobre IP (VoIP), su funcionamiento, protocolos y una comparación con la telefonía tradicional.

Las empresas que hoy día poseen sucursales, no pueden permitirse elevados costos en sus comunicaciones; se estudiará y propondrá una solución que incluya redes inalámbricas que brinden soporte para voz sobre IP en el capítulo V y finalmente se considerará aspectos económicos, instalación, costos de administración y el retorno de inversión de la solución propuesta en el capítulo VI.



# OBJETIVOS

## General

Estudiar y proponer la tecnología y condiciones necesarias para la implementación de enlaces *Ethernet Worp* en una red empresarial que brinde soporte para voz sobre IP; proponiendo un diseño de red empresarial que aproveche los beneficios de las nuevas tecnologías de redes inalámbricas y de VoIP.

## Específicos

1. Estudiar los conceptos básicos de las redes.
2. Estudiar los conceptos básicos de las redes inalámbricas.
3. Estudiar el funcionamiento básico de un sistema de transmisión de voz tradicional.
4. Estudiar los protocolos y aspectos importantes en la tecnología de voz sobre IP.
5. Presentar un diseño óptimo y funcional de enlaces inalámbricos que brinde soporte de voz sobre IP a una red empresarial con servicios a distancia.

6. Mostrar los aspectos económicos y mercadológicos que impulsan la utilización de enlaces inalámbricos en una red empresarial capaz de brindar soporte para voz sobre IP, accesible y rentable.



## INTRODUCCIÓN

Las redes de computadoras desde sus inicios hasta la actualidad han proporcionado un rápido y cada vez más eficiente medio de comunicación, expandiéndose y brindando servicios de transferencia de archivos, correo electrónico, navegación e incluso aplicaciones multimedia que día a día facilitan la comunicación e intercambio de información entre dos o más usuarios.

La constante necesidad de estar comunicados e intercambiar información impulsa a las empresas a implementar soluciones tecnológicas que les permitan mantenerse en contacto constante, multiplicar la producción y que a su vez minimice costos.

Se describirá los conceptos básicos y estándares de las redes cableadas e inalámbricas, el funcionamiento de los sistemas de voz tradicionales y la nueva tecnología de voz sobre IP que finalmente permitirá proponer un diseño de enlaces inalámbricos que brinden soporte para voz sobre IP a una red empresarial.



# 1. REDES

## 1.1. Concepto de una red

Cada uno de los tres siglos pasados ha estado dominado por una sola tecnología. El siglo XVIII fue la etapa de los grandes sistemas mecánicos que acompañaron a la Revolución Industrial. El siglo XIX fue la época de la máquina de vapor. Durante el siglo XX, la tecnología clave ha sido la recolección, procesamiento y distribución de información. Entre otros desarrollos, está la instalación de redes telefónicas en todo el mundo, la invención de la radio y la televisión, el nacimiento y crecimiento sin precedente de la industria de computadoras, así como a la puesta en órbita de los satélites de comunicación.

A medida que se avanza, se ha dado una rápida convergencia de estas áreas, y también las diferencias entre la captura, transporte, almacenamiento y procesamiento de información están desapareciendo con rapidez. Organizaciones con centenares de oficinas dispersas en una amplia área geográfica esperan tener la posibilidad de examinar en forma habitual el estado actual de todas ellas, simplemente oprimiendo una tecla. A medida que crece la habilidad humana para recolectar procesar y distribuir información, la demanda de más sofisticados procesamientos de información crece todavía con mayor rapidez.

La industria de computadoras ha mostrado un progreso espectacular en muy corto tiempo. El viejo modelo de tener una sola computadora para satisfacer todas las necesidades de cálculo de una organización, se está reemplazando con rapidez por otro que considera un número grande de

computadoras separadas, pero interconectadas, que efectúan el mismo trabajo. Estos sistemas, se conocen con el nombre de redes de computadoras. Se dice que las computadoras están interconectadas, si son capaces de intercambiar información.

## **1.2. La vida en un mundo centrado en la red**

En la actualidad se está en un momento decisivo respecto al uso de la tecnología para extender y potenciar la red humana. La globalización de internet se ha producido más rápido de lo que cualquiera hubiera imaginado. El modo en que se producen las interacciones sociales, comerciales, políticas y personales cambia en forma continua para estar al día con la evolución de esta red global.

En la próxima etapa del desarrollo humano, los innovadores usarán internet como punto de inicio para sus esfuerzos, creando nuevos productos y servicios diseñados específicamente para aprovechar las capacidades de la red. Mientras los desarrolladores empujan los límites de lo posible, las capacidades de las redes interconectadas que forman internet tendrán una función cada vez más importante en el éxito de esos proyectos.

Entre todos los elementos esenciales para la existencia humana, la necesidad de interactuar está por debajo de la necesidad de sustentar la vida. La comunicación es casi tan importante para el humano como el aire, el agua, los alimentos y un lugar para vivir.

Los métodos utilizados para compartir ideas e información están en constante cambio y evolución. Mientras la red humana estuvo limitada a conversaciones cara a cara, el avance de los medios ha ampliado el alcance de

las comunicaciones. Desde la prensa escrita hasta la televisión, cada nuevo desarrollo ha mejorado la comunicación.

Al igual que con cada avance en la tecnología de comunicación, la creación e interconexión de redes de datos sólidas tiene un profundo efecto.

Las primeras redes de datos estaban limitadas a intercambiar información basada en caracteres entre sistemas informáticos conectados. Las redes actuales evolucionaron para agregarle voz, flujos de video, texto y gráficos a los diferentes tipos de dispositivos. Las formas de comunicación anteriormente individuales y diferentes se unieron en una plataforma común, esta plataforma proporciona acceso a una amplia variedad de métodos de comunicación alternativos y nuevos, que permiten a las personas interactuar directamente con otras en forma casi instantánea.

### **1.3. Topología de redes**

Las redes de computadoras surgieron como una necesidad de interconectar los diferentes *host* de una empresa o institución para poder así compartir recursos y equipos específicos. Pero cada uno de los componentes que van a formar parte de una red se pueden interconectar o unir de diferentes formas, siendo la forma elegida un factor fundamental que va a determinar el rendimiento y la funcionalidad de la red.

La disposición de los diferentes componentes de una red se conoce con el nombre de topología de la red. La topología idónea para una red concreta va a depender de:

- El número de máquinas a interconectar

- El tipo de acceso al medio físico que se desea

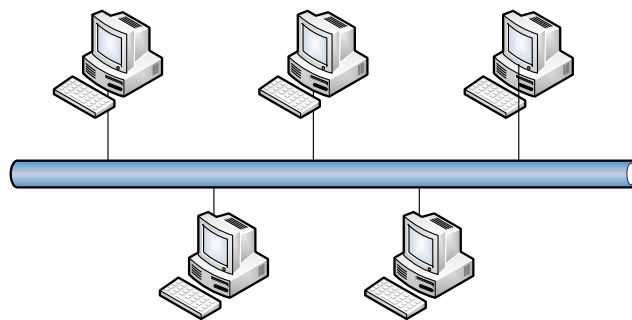
### 1.3.1. Topología de bus

La topología de bus tiene todos sus nodos conectados directamente a un enlace y no tiene ninguna otra conexión entre nodos.

Físicamente cada *host* está conectado a un cable común, por lo que se pueden comunicar directamente, aunque la ruptura del cable hace que los *hosts* queden desconectados.

La topología de bus permite que todos los dispositivos de la red puedan ver todas las señales de todos los demás dispositivos, lo que puede ser ventajoso si desea que todos los dispositivos obtengan esta información. Sin embargo, puede representar una desventaja, ya que es común que se produzcan problemas de tráfico y colisiones, inconvenientes que se solucionan segmentando la red en varias partes. Es la topología más común en pequeñas LAN, con *hub* o *switch* final en uno de los extremos.

Figura 1. Topología de bus

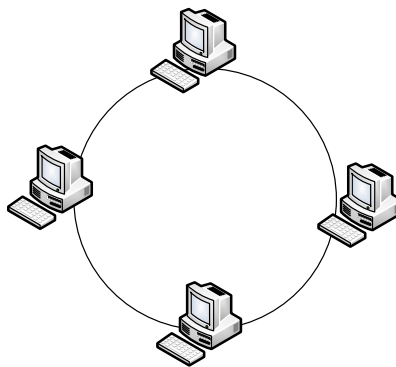


Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

### 1.3.2. Topología de anillo

Una topología de anillo se compone de un solo anillo cerrado formado por nodos y enlaces, en el que cada nodo está conectado solamente con los dos nodos adyacentes. Los dispositivos se conectan directamente entre sí por medio de cables en lo que se denomina una cadena margarita. Para que la información pueda circular, cada estación debe transferir la información a la estación adyacente.

Figura 2. Topología de anillo

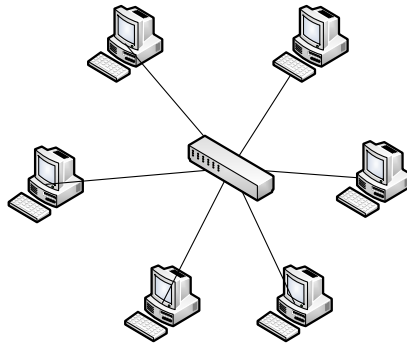


Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

### 1.3.3. Topología de estrella

La topología en estrella tiene un nodo central desde el que se irradian todos los enlaces hacia los demás nodos. Por el nodo central, generalmente ocupado por un concentrador, pasa toda la información que circula por la red. La ventaja principal es que permite que todos los nodos se comuniquen entre sí de manera conveniente. La desventaja principal es que si el nodo central falla, toda la red se desconecta.

Figura 3. **Topología en estrella**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

## 1.4. **Protocolos de comunicación**

Las reglas que regulan la comunicación se llaman protocolos. Un protocolo es por tanto un lenguaje, con su sintaxis, su semántica y su adecuada temporización. La sintaxis entronca con el cómo, la semántica con el qué (el significado), y la temporización con el cuándo.

### 1.4.1. **Modelo OSI**

De las siglas en inglés: *Open System Interconnection*, fue definido por la ISO (Internacional Organization of Standards) en 1983. La propuesta OSI fue la siguiente: Para un terminal o *host* propuso una estructura de 7 capas.

- Capa física: los protocolos de capa física describen los medios mecánicos, eléctricos, funcionales y de procedimiento para activar, mantener y desactivar conexiones físicas para la transmisión de bits hacia y desde un dispositivo de red.



- Capa de enlace de datos: los protocolos de esta capa describen los métodos para intercambiar tramas de datos entre dispositivos en un medio común. La capa de enlace de datos es responsable de proporcionar la comunicación nodo a nodo en una misma red de área local.
- Capa de red: las redes pueden subdividirse en varios segmentos de red que se denominan *inter-red*. Para poder entregar mensajes en una inter-red, cada red debe estar identificada de manera única por una dirección de red. Al recibir un mensaje de las capas superiores, la capa de red añade una cabecera al mensaje que incluye las direcciones de red de origen y destino.
- Capa de transporte: todas las tecnologías de red establecen un tamaño máximo para las tramas que pueden ser enviadas a través de la red. La capa de transporte para el modelo OSI asigna una identificación de punto de acceso a servicio ("SAP") a cada paquete, dicha ID es una dirección que identifica el proceso que ha originado el mensaje y a su vez permite que la capa de transporte del nodo receptor encamine el mensaje al proceso adecuado. Define los servicios para segmentar, transferir y reensamblar los datos para las comunicaciones individuales entre dispositivos finales.
- Capa de sesión: el control de los diálogos entre distintos nodos es competencia de la capa de sesión, además proporciona servicios a la capa de presentación para organizar su diálogo y administrar el intercambio de datos. La comunicación se produce en tres formas: simple, *semiduplex* y *duplex* total.
- Capa de presentación: es la responsable de presentar los datos a la capa de aplicación, así como también, la encriptación / desencriptación y la compresión / descompresión de datos. La capa de presentación es la que se implementa con menor frecuencia en el modelo OSI.

- Capa de aplicación: proporciona los servicios utilizados por las aplicaciones para que los usuarios se comuniquen a través de la red. Los servicios de esta capa son: transporte de correo electrónico, acceso a archivos remotos, ejecución de tareas remotas, directorios y administración de la red, este conjunto de servicios posee un API (“interfaz de programa de aplicación”) asociado, y no es más que un conjunto de reglas que permiten que las aplicaciones escritas por los usuarios puedan acceder a los servicios de un sistema de software.

Figura 4. **Modelos de capas OSI**



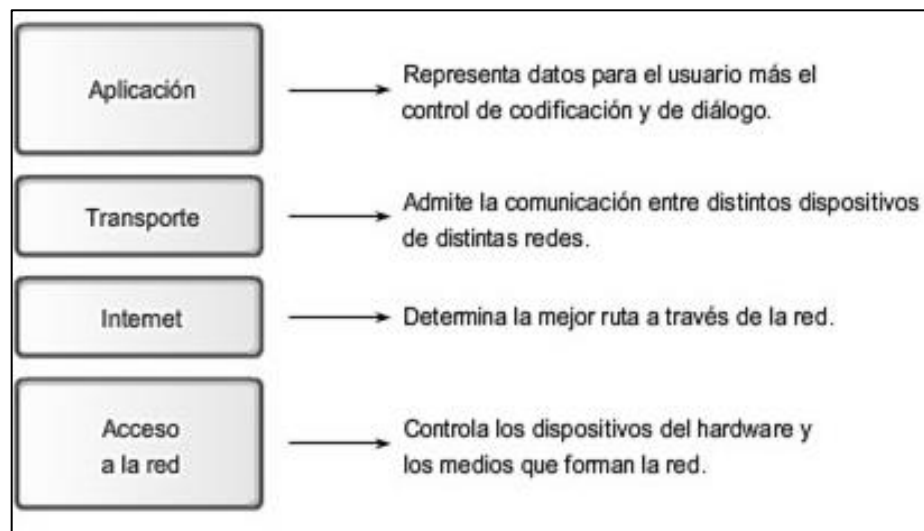
Fuente: *Cisco Networking Academy (CCNA) Exploration*. Módulo 1. p. 55.

### 1.4.2. Modelo TCP/IP

El primer modelo de protocolo en capas para comunicaciones de *internetwork* se creó a principios de la década de los setenta y se conoce con el nombre de modelo de internet. Define cuatro categorías de funciones que deben tener lugar para que las comunicaciones sean exitosas. La arquitectura de la suite de protocolos TCP/IP sigue la estructura de este modelo. Por esto, es común que al modelo de internet se lo conozca como modelo TCP/IP.

La mayoría de los modelos de protocolos describen un *stack* de protocolos específicos del proveedor. Sin embargo, puesto que el modelo TCP/IP es un estándar abierto, una compañía no controla la definición del modelo.

Figura 5. **Modelo de capas TPC/IP**



Fuente: Cisco Networking Academy (CCNA) Exploration. Módulo 1. p. 52.

### 1.4.3. Comparativa entre los protocolos

Los protocolos que forman la suite de protocolos TCP/IP pueden describirse en términos del modelo de referencia OSI. En el modelo OSI, la capa acceso a la red y la capa aplicación del modelo TCP/IP están subdivididas para describir funciones discretas que deben producirse en estas capas.

En la capa acceso a la red, la suite de protocolos TCP/IP no especifica cuáles protocolos utilizar cuando se transmite por un medio físico; solo describe la transferencia desde la capa de Internet a los protocolos de red física. Las capas OSI 1 y 2 analizan los procedimientos necesarios para tener acceso a los medios y los medios físicos para enviar datos por una red.

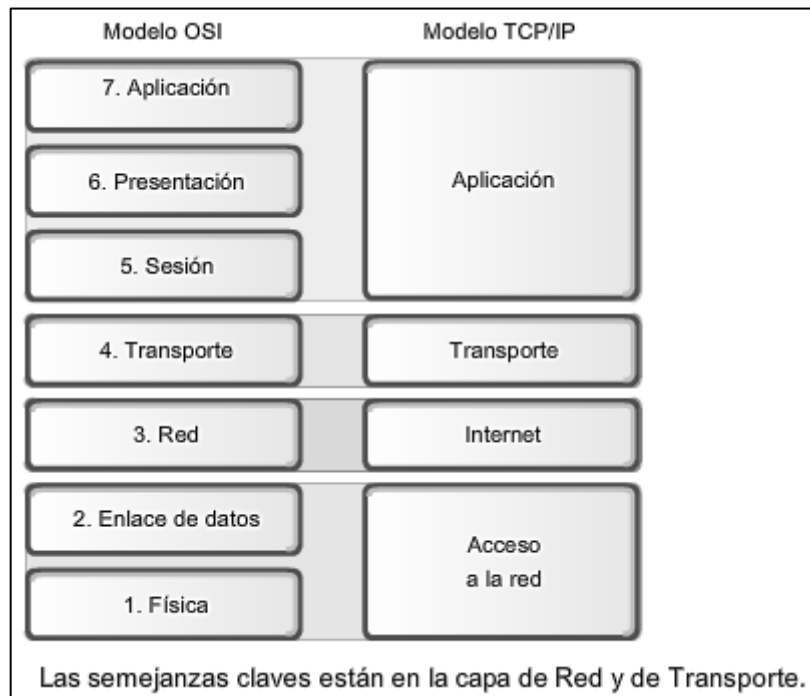
Los paralelos clave entre dos modelos de red se producen en las capas 3 y 4 del modelo OSI. La capa 3 del modelo OSI, capa Red, se utiliza casi universalmente para analizar y documentar el rango de los procesos que se producen en todas las redes de datos para direccionar y enrutar mensajes a través de una *internetwork*. El Protocolo de Internet (IP) es el protocolo de la suite TCP/IP que incluye la funcionalidad descrita en la capa 3.

La capa 4, capa de transporte del modelo OSI, con frecuencia se utiliza para describir servicios o funciones generales que administran conversaciones individuales entre los *hosts* de origen y de destino. Estas funciones incluyen acuse de recibo, recuperación de errores y secuenciamiento. En esta capa, los protocolos TCP/IP, protocolo de control de transmisión (TCP) y protocolo de datagramas de usuario (UDP) proporcionan la funcionalidad necesaria.

La capa de aplicación TCP/IP incluye una cantidad de protocolos que proporcionan funcionalidad específica para una variedad de aplicaciones de

usuario final. Las capas 5, 6 y 7 del modelo OSI se utilizan como referencias para proveedores y programadores de software de aplicación para fabricar productos que necesitan acceder a las redes para establecer comunicaciones.

Figura 6. **Comparativa del modelo OSI y modelo TCP/IP**



Fuente: Cisco Networking Academy (CCNA) Exploration. Módulo 1. p. 56.

### 1.5. Descripción general de *Ethernet*

El grupo de trabajo de ingeniería de Internet (*IETF*, de las siglas en inglés: *Internet Engineering, Task Force*) mantiene los protocolos y servicios funcionales para la suite de protocolos TCP/IP de las capas superiores. Sin embargo, diversas organizaciones especializadas en ingeniería (*IEEE*, *ANSI*, *ITU*) o empresas privadas (protocolos propietarios) describen los protocolos y

servicios funcionales de la capa de enlace de datos y la capa física del modelo OSI. Dado que *Ethernet* se compone de estándares en estas capas inferiores, puede decirse que en términos generales se entiende mejor con referencia al modelo OSI.

El modelo OSI separa las funcionalidades de la capa de enlace de datos de direccionamiento, entramado y acceso a los medios desde los estándares de la capa física. Los estándares de *Ethernet* definen los protocolos de capa 2 y las tecnologías de capa 1. Si bien las especificaciones de *Ethernet* admiten diferentes medios, anchos de banda y otras variaciones de capa 1 y 2, el formato de trama básico y el esquema de direcciones son los mismos para todas las variedades de *Ethernet*.

### **1.5.1. Estándares e implementación**

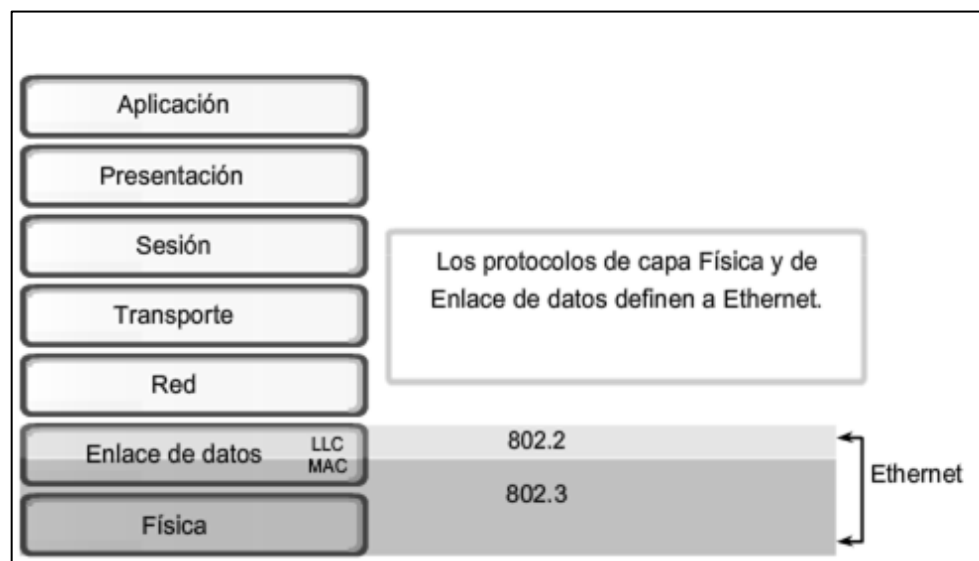
La primera LAN (red de área local) del mundo fue la versión original de *Ethernet*. Robert Metcalfe y sus compañeros de Xerox la diseñaron hace más de treinta años. El primer estándar de *Ethernet* fue publicado por un consorcio formado por Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox (DIX). Metcalfe quería que *Ethernet* fuera un estándar compartido a partir del cual todos se podían beneficiar, de modo que se lanzó como estándar abierto. Los primeros productos que se desarrollaron a partir del estándar de *Ethernet* se vendieron a principios de la década de 1980.

En 1985, el comité de estándares para Redes Metropolitanas y Locales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) publicó los estándares para las LAN. Estos estándares comienzan con el número 802. El estándar para *Ethernet* es el 802.3. El IEEE quería asegurar que sus estándares fueran compatibles con los del modelo OSI de la Organización

Internacional para la Estandarización (ISO). Para garantizar la compatibilidad, los estándares IEEE 802.3 debían cubrir las necesidades de la capa 1 y de las porciones inferiores de la capa 2 del modelo OSI. Como resultado, ciertas pequeñas modificaciones al estándar original de *Ethernet* se efectuaron en el 802.3.

*Ethernet* opera en las dos capas inferiores del modelo OSI: la capa de enlace de datos y la capa física.

Figura 7. **Ethernet**



Fuente: Cisco Networking Academy (CCNA) Exploration. Módulo 1. p. 289.

### 1.5.2. **Ethernet**

*Ethernet* opera a través de dos capas del modelo OSI. El modelo ofrece una referencia sobre con qué puede relacionarse *Ethernet*, pero en realidad se implementa solo en la mitad inferior de la capa de Enlace de datos, que se

conoce como subcapa de control de acceso al medio (Media Access Control, MAC) y la capa física.

### 1.5.2.1. Capa 1 y capa 2 del modelo OSI

*Ethernet* en la capa 1 implica señales, *streams* de bits que se transportan en los medios, componentes físicos que transmiten las señales a los medios y distintas topologías. La capa 1 de *Ethernet* tiene un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones tiene limitaciones.

Tal como lo muestra la figura 8, *Ethernet* en la capa 2 se ocupa de estas limitaciones. Las subcapas de enlace de datos contribuyen significativamente a la compatibilidad de tecnología y la comunicación con la computadora. La subcapa MAC se ocupa de los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información y prepara los datos para transmitirlos a través de los medios.

Figura 8. Direcciones de la capa 2 limitaciones de la capa 1

Limitaciones de la Capa 1	Funciones de la Capa 2
No se puede comunicar con capas superiores	Se conecta con las capas superiores mediante control de enlace lógico (LLC)
No pueden identificar dispositivos	Utiliza esquemas de direccionamiento para identificar dispositivos
Sólo reconoce streams de bits	Utiliza tramas para organizar los bits en grupos
No puede determinar la fuente de la transmisión cuando transmiten múltiples dispositivos	Utiliza control de acceso al medio (MAC) para identificar fuentes de transmisión

Fuente: Cisco Networking Academy (CCNA) Exploration. Módulo 1. p. 290.



La subcapa control de enlace lógico (de las siglas en inglés: Logical Link Control, LLC) sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utilizará para el proceso de comunicación.

### **1.5.2.2. Capa física de Ethernet**

Las diferencias que existen entre *Ethernet* estándar, *Fast Ethernet*, *Gigabit Ethernet* y *10 Gigabit Ethernet* tienen lugar en la capa física, generalmente denominada *Ethernet* PHY.

La *Ethernet* se rige por los estándares IEEE 802.3. Actualmente, se definen cuatro velocidades de datos para el funcionamiento con cables de fibra óptica y de par trenzado:

- 10 Mbps-*Ethernet* 10Base-T
- 100 Mbps-Fast Ethernet
- 1 000 Mbps-Gigabit Ethernet
- 10 Gbps-10 Gigabit Ethernet

Si bien existe una gran cantidad de implementaciones de *Ethernet* diferentes para estas diversas velocidades de transmisión de datos, aquí solo se presentarán las más comunes.

#### **1.5.2.2.1. Ethernet de 10 y 100 Mbps**

La *Ethernet* de 10 Mbps se considera como la *Ethernet* clásica y utiliza una topología en estrella física. Los enlaces de *Ethernet* 10BASE-T pueden tener hasta 100 metros de longitud antes de que requieran un *hub* o repetidor.

La 10BASE-T utiliza dos pares de cables de cuatro pines y finaliza en cada extremo con un conector RJ-45 de 8 pines. El par conectado a los pines 1 y 2 se utiliza para transmitir y el par conectado a los pines 3 y 6 se utiliza para recibir.

La 10BASE-T generalmente no se elige para instalaciones de LAN nuevas. Sin embargo, todavía existen actualmente muchas redes *Ethernet* 10BASE-T. El reemplazo de los *hubs* por los *switches* en redes 10BASE-T aumentó notablemente la velocidad de transmisión (*throughput*) disponible para estas redes y le otorgó a la *Ethernet* antigua una mayor longevidad. Los enlaces de 10BASE-T conectados a un *switch* pueden admitir el funcionamiento tanto *half-duplex* como *full-duplex*.

Entre mediados y fines de la década de 1990 se establecieron varios estándares nuevos para describir los métodos de transmisión de datos en medios *Ethernet* a 100 Mbps. Estos estándares utilizaban requisitos de codificación diferentes para lograr estas velocidades más altas de transmisión de datos.

La *Ethernet* de 100 Mbps, también denominada *Fast Ethernet*, puede implementarse utilizando medios de fibra o de cable de cobre de par trenzado. Las implementaciones más conocidas de la *Ethernet* de 100 Mbps son:

- 100BASE-TX con *UTP* Cat5 o mayor
- 100BASE-FX con cable de fibra óptica

Ya que las señales de mayor frecuencia que se utilizan en *Fast Ethernet* son más susceptibles al ruido, *Ethernet* de 100 Mbps utiliza dos pasos de codificación por separado para mejorar la integridad de la señal.

100BASE-TX fue diseñada para admitir la transmisión a través de dos hilos de fibra óptica o de dos pares de cable de cobre *UTP* de Categoría 5. La implementación 100BASE-TX utiliza los mismos dos pares y salidas de pares de *UTP* que la 10BASE-T. Sin embargo, la 100BASE-TX requiere *UTP* de Categoría 5 o superior. La codificación 4B/5B se utiliza para la *Ethernet* 100BASE-T.

Al igual que con la 10BASE-TX, la 100BASE-TX se conecta como estrella física. Sin embargo, a diferencia de la 10BASE-T, las redes 100BASE-TX utilizan generalmente un *switch* en el centro de la estrella en vez de un *hub*. Aproximadamente al mismo tiempo que las tecnologías 100BASE-TX se convirtieron en la norma, los *switches LAN* también comenzaron a implementarse con frecuencia. Estos desarrollos simultáneos llevaron a su combinación natural en el diseño de las redes 100BASE-TX.

El estándar 100BASE-FX utiliza el mismo procedimiento de señalización que la 100BASE-TX, pero lo hace en medios de fibra óptica en vez de cobre *UTP*. Si bien los procedimientos de codificación, decodificación y recuperación de reloj son los mismos para ambos medios, la transmisión de señales es diferente: pulsos eléctricos en cobre y pulsos de luz en fibra óptica. La 100BASE-FX utiliza conectores de interfaz de fibra de bajo costo (generalmente llamados conectores SC *duplex*).

Las implementaciones de fibra son conexiones punto a punto, es decir, se utilizan para interconectar dos dispositivos. Estas conexiones pueden ser entre dos computadoras, entre una computadora y un *switch* o entre dos *switches*.

#### 1.5.2.2.2. Ethernet de 1 000 Mbps o 1 Gbps

El desarrollo de los estándares de *Gigabit Ethernet* dio como resultado especificaciones para cobre *UTP*, fibra monomodo y fibra multimodo. En redes de *Gigabit Ethernet*, los bits se producen en una fracción del tiempo que requieren en redes de 100 Mbps y redes de 10 Mbps. Gracias a que las señales se producen en menor tiempo, los bits se vuelven más susceptibles al ruido y, por lo tanto, la temporización tiene una importancia decisiva.

La cuestión del rendimiento se basa en la velocidad con la que el adaptador o la interfaz de red puedan cambiar los niveles de voltaje y en la manera en que dicho cambio de voltaje pueda detectarse de un modo confiable a 100 metros de distancia en la NIC o la interfaz de recepción.

A estas mayores velocidades, la codificación y decodificación de datos es más compleja. La *Gigabit Ethernet* utiliza dos distintos pasos de codificación. La transmisión de datos es más eficiente cuando se utilizan códigos para representar el *stream* binario de bits. La codificación de datos permite la sincronización, el uso eficiente del ancho de banda y características mejoradas de relación entre señal y ruido.

La *Ethernet* 1000BASE-T brinda una transmisión *full-duplex* utilizando los cuatro pares de cable *UTP* Categoría 5 o superior. La *Gigabit Ethernet* por cables de cobre permite un aumento de 100 Mbps por par de cable a 125 Mbps por par de cable o 500 Mbps para los cuatro pares. Cada par de cable origina señales en *full-duplex*, lo que duplica los 500 Mbps a 1 000 Mbps.

Las versiones de fibra óptica de la *Gigabit Ethernet* (1 000BASE-SX y 1000BASE-LX) ofrecen las siguientes ventajas sobre el *UTP*: inmunidad al ruido, tamaño físico pequeño y distancias y ancho de banda aumentados y sin repeticiones.

Todas las versiones de 1 000BASE-SX y 1 000BASE-LX admiten la transmisión binaria *full-duplex* a 1 250 Mbps en dos hebras de fibra óptica. La codificación de la transmisión se basa en el esquema de codificación 8B/10B. Debido al costo de esta codificación, la velocidad de transferencia de datos sigue siendo 1 000 Mbps. Cada trama de datos se encapsula en la capa física antes de la transmisión y la sincronización de los enlaces se mantiene enviando un *stream* continuo de grupos de códigos Inactivos durante el espacio entre tramas.

#### **1.5.2.2.3. Opciones futuras**

Se adaptó el estándar IEEE 802.3ae para incluir la transmisión en *full-duplex* de 10 Gbps en cable de fibra óptica. El estándar 802.3ae y los estándares 802.3 para la Ethernet original son muy similares. La Ethernet de 10 *Gigabits* (10GbE) está evolucionando para poder utilizarse no solo en LAN sino también en WAN y MAN.

Debido a que el formato de trama y otras especificaciones de *Ethernet* de Capa 2 son compatibles con estándares anteriores, la 10 Gbps puede brindar un mayor ancho de banda para redes individuales que sea interoperable con la infraestructura de red existente. 10 Gbps se puede comparar con otras variedades de Ethernet de este modo:

- El formato de trama es el mismo, permitiendo así la interoperabilidad entre todos los tipos de tecnologías antiguas, *Fast*, *Gigabit* y *10 Gigabit Ethernet*, sin la necesidad de retramado o conversiones de protocolo.
- El tiempo de bit ahora es de 0,1 nanosegundos. Todas las demás variables de tiempo caen en su correspondiente lugar en la escala.
- Ya que solo se utilizan conexiones de fibra óptica *full-duplex*, no hay ningún tipo de contención de medios ni se necesita el CSMA/CD.
- Se preserva la mayoría de las subcapas de 802.3 de IEEE dentro de las Capas OSI 1 y 2, con algunos pocos agregados para que se adapten a enlaces de fibra de 40 km y la posibilidad de interoperabilidad con otras tecnologías en fibra.

Con 10 Gbps Ethernet es posible crear redes de *Ethernet* flexibles, eficientes, confiables, a un costo punto a punto relativamente bajo.

Si bien la Ethernet de 1 *Gigabit* es muy fácil de hallar en el mercado y cada vez es más fácil conseguir los productos de 10 *Gigabits*, el IEEE y la Alianza de Ethernet de 10 *Gigabits* trabajan actualmente en estándares para 40, 100 e inclusive 160 Gbps. Las tecnologías que se adopten dependerán de un número de factores que incluyen la velocidad de maduración de las tecnologías y de los estándares, la velocidad de adopción por parte del mercado y el costo de los productos emergentes.

## **1.6. Estándares de la IEEE**

Organización profesional cuyas actividades incluyen el desarrollo de estándares de comunicaciones y redes. Los estándares para redes LAN de la IEEE son los estándares de mayor importancia para las LAN de la actualidad.

A continuación algunos estándares para redes LAN de la IEEE:

- IEEE 802.1: cubre la administración de redes y otros aspectos relacionados con la LAN.
- IEEE 802.2: protocolo de LAN de IEEE que especifica una implementación de la subcapa LLC de la capa de enlace de datos.
- IEEE 802.3: protocolo de IEEE para LAN que especifica la implementación de las capas físicas y de la subcapa MAC de la capa de enlace de datos. IEEE 802.3 utiliza el acceso CSMA/CD a varias velocidades a través de diversos medios físicos. Las extensiones del Estándar IEEE 802.3 especifican implementaciones para *Fast Ethernet*. Las variaciones físicas de las especificaciones IEEE 802.3 original incluyen 10Base2, 10Base5, 10BaseF, 10BaseT, y 10Broad36. Las variaciones físicas para *Fast Ethernet* incluyen 100BaseTX y 100BaseFX. Las variaciones físicas Giga *Ethernet* incluyen 1 000 Base-T, 1 000BASE-SX y 1 000BASE-LX
- IEEE 802.5: protocolo de LAN IEEE que especifica la implementación de la capa físicas y de la subcapa MAC de la capa de enlace de datos. IEEE 802.5 usa de acceso de transmisión de *tokens* a 4 Mbps o 16 Mbps en cableado *STP* O *UTP* y de punto de vista funcional y operacional es equivalente a *token Ring* de IBM.

### **1.7. Equipos de comunicación**

Dispositivos creados para interconectar uno o varios puntos, utilizan medios cableados o inalámbricos, transmiten a diferentes velocidades y tienen la capacidad de restringir el acceso a los puntos que interconectan.

### 1.7.1. Puente o *bridge*

Los *bridges* también conocidos como *HUB* trabajan en el nivel 2 de OSI, con direcciones físicas, por lo que filtra tráfico de un segmento a otro. Se utilizan cuando el tráfico no es excesivamente alto en las redes pero interesa aislar las colisiones que se produzcan en los segmentos interconectados entre sí.

### 1.7.2. Conmutador Ethernet

En los últimos años, los *switches* se convirtieron rápidamente en una parte fundamental de la mayoría de las redes. Los *switches* permiten la segmentación de la LAN en distintos dominios de colisiones. Cada puerto de un *switch* representa un dominio de colisiones distinto y brinda un ancho de banda completo al nodo o a los nodos conectados a dicho puerto. Con una menor cantidad de nodos en cada dominio de colisiones, se produce un aumento en el ancho de banda promedio disponible para cada nodo y se reducen las colisiones.

Una LAN puede tener un *switch* centralizado que conecta a *hubs* que todavía brindan conectividad a los nodos. O bien, una LAN puede tener todos los nodos conectados directamente a un *switch*.

En una LAN en la que se conecta un *hub* a un puerto de un *switch*, todavía existe un ancho de banda compartido, lo que puede producir colisiones dentro del entorno compartido del *hub*. Sin embargo, el *switch* aislará el segmento y limitará las colisiones para el tráfico entre los puertos del *hub*.



### **1.7.3. Router o ruteador**

Los protocolos de capa 3 están diseñados principalmente para mover datos desde una red local a otra red local dentro de una *internetwork*. Mientras las direcciones de capa 2 solo se utilizan para comunicar entre dispositivos de una red local única, las direcciones de capa 3 deben incluir identificadores que permitan a dispositivos de red intermediarios ubicar *hosts* en diferentes redes. En la suite de protocolos TCP/IP, cada dirección IP *host* contiene información sobre la red en la que está ubicado el *host*.

En los límites de cada red local, un dispositivo de red intermediario, por lo general un *router*, desencapsula la trama para leer la dirección *host* de destino contenida en el encabezado del paquete, la PDU de capa 3. Los *routers* utilizan la porción del identificador de red de esta dirección para determinar qué ruta utilizar para llegar al *host* de destino. Una vez que se determina la ruta, el *router* encapsula el paquete en una nueva trama y lo envía por su trayecto hacia el dispositivo final de destino. Cuando la trama llega a su destino final, la trama y los encabezados del paquete se eliminan y los datos se suben a la capa 4.

### **1.7.4. Firewall o corta fuegos**

Un corta fuegos (o *firewall* en inglés) es una parte de un sistema o una red que está diseñado para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo acceso autorizado de comunicaciones. Se trata de un dispositivo o conjunto de dispositivos configurados para permitir, limitar, cifrar, descifrar, el tráfico entre los diferentes ámbitos sobre la base de un conjunto de normas y otros criterios.

Los cortafuegos pueden ser implementados en *hardware* o *software*, o una combinación de ambos. Los cortafuegos se utilizan con frecuencia para evitar que los usuarios de internet no autorizados tengan acceso a redes privadas conectadas a internet, especialmente *intranets*. Todos los mensajes que entren o salgan de la intranet pasan a través del corta fuegos, el cual examina cada mensaje y bloquea aquellos que no cumplen los criterios de seguridad especificados.

También es frecuente conectar al corta fuegos a una tercera red, llamada zona desmilitarizada o DMZ, en la que se ubican los servidores de la organización que deben permanecer accesibles desde la red exterior. Un corta fuegos correctamente configurado añade una protección necesaria a la red, pero que en ningún caso debe considerarse suficiente, la seguridad informática abarca más ámbitos y más niveles de trabajo y protección.

## **1.8. Enrutamiento y envío de paquetes**

Las redes de la actualidad tienen un impacto significativo en la vida cotidiana y constantemente cambian la forma de vivir, trabajar y divertirse. Las redes de computadoras permiten a las personas comunicarse, colaborar e interactuar de maneras totalmente novedosas. La red se utiliza de distintas formas, para aplicaciones *Web*, telefonía IP, videoconferencias, juegos interactivos, comercio electrónico, educación y más.

En el centro de la red se encuentra el *router*. En pocas palabras, un *router* conecta una red con otra red. Por lo tanto, el *router* es responsable de la entrega de paquetes a través de diferentes redes. El destino de un paquete IP puede ser un servidor *Web* en otro país o un servidor de correo electrónico en la red de área local. Es responsabilidad de los *routers* entregar esos paquetes a

su debido tiempo. La efectividad de las comunicaciones de *internetwork* depende, en gran medida, de la capacidad de los *routers* de enviar paquetes de la manera más eficiente posible.

Además del envío de paquetes, un *router* también proporciona otros servicios. Para satisfacer las demandas de las redes actuales, los *routers* también se utilizan para lo siguiente:

- Aseguran la disponibilidad las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Para ayudar a garantizar la posibilidad de conexión de la red, los *routers* usan rutas alternativas en caso de que la ruta principal falle.
- Proveen servicios integrados de datos, video y voz en redes conectadas por cable o inalámbricas. Los *routers* dan prioridad a los paquetes IP según la calidad de servicio (QoS) a fin de asegurar que el tráfico en tiempo real, como la voz, el video y los datos esenciales, no se descarten ni retarden.
- Disminuye el impacto de gusanos, virus y otros ataques en la red al permitir o denegar el reenvío de paquetes.

Todos estos servicios se construyen en torno del *router* y de su responsabilidad principal de reenviar paquetes de una red a la siguiente.

### **1.8.1. Enrutamiento estático**

Las redes remotas se agregan a la tabla de enrutamiento mediante la configuración de rutas estáticas o la habilitación de un protocolo de enrutamiento dinámico.

Una ruta estática incluye la dirección de red y la máscara de subred de la red remota, junto con la dirección IP del *router* del siguiente salto o la interfaz de salida.

Una red que está compuesta por unos pocos *routers* solamente, el uso de un protocolo de enrutamiento dinámico no representa ningún beneficio sustancial. Por el contrario, el enrutamiento dinámico agrega más sobrecarga administrativa.

Una red que se conecta a internet solamente a través de un único ISP, no es necesario que utilice un protocolo de enrutamiento dinámico a través de este enlace porque el ISP representa el único punto de salida hacia internet.

### **1.8.2. Enrutamiento dinámico**

Los *routers* usan protocolos de enrutamiento dinámico para compartir información sobre el estado y la posibilidad de conexión de redes remotas. Los protocolos de enrutamiento dinámico ejecutan varias actividades, entre ellas:

- Descubrimiento de redes
- Actualización y mantenimiento de las tablas de enrutamiento

El descubrimiento de redes es la capacidad de un protocolo de enrutamiento de compartir información sobre las redes que conoce con otros *routers*, que también están usando el mismo protocolo de enrutamiento. En lugar de configurar rutas estáticas hacia redes remotas en cada *router*, un protocolo de enrutamiento dinámico permite a los *routers* aprender automáticamente sobre estas redes a partir de otros *routers*. Estas redes, y la mejor ruta hacia cada red, se agregan a la tabla de enrutamiento del *router* y se

denotan como una red aprendida por un protocolo de enrutamiento dinámico específico.

### 1.8.2.1. Rip

Con el transcurso del tiempo, los protocolos de enrutamiento han evolucionado para cumplir con las crecientes demandas de las redes complejas. El primer protocolo utilizado fue el protocolo de información de enrutamiento (RIP). RIP aún es popular debido a su simplicidad y amplia compatibilidad.

RIP es el protocolo de enrutamiento por vector de distancia más antiguo. Si bien carece de la sofisticación de los protocolos de enrutamiento más avanzados, su simplicidad y amplia utilización en forma continua representan el testimonio de su longevidad, no es un protocolo "en extinción".

RIP evolucionó de un protocolo anterior desarrollado en Xerox, llamado protocolo de información de gateway (*GWINFO*). Con el desarrollo de Xerox Network System (XNS), *GWINFO* evolucionó a RIP. Luego, adquirió popularidad ya que se implementó en la Distribución del Software Berkeley (BSD) como un *daemon* denominado *routed* (se pronuncia "routi-dí" y no "routid"). Algunos fabricantes realizaron sus propias y ligeramente diferentes implementaciones de RIP.

En reconocimiento de la necesidad de estandarización del protocolo, Charles Hedrick escribió RFC 1058 en 1988, donde documentó el protocolo existente y especificó ciertas mejoras. Desde entonces, se mejoró el RIP con RIPv2 en 1994 y con RIPng en 1997.

RIP posee las siguientes características clave:

- Es un protocolo de enrutamiento por vector de distancia.
- Utiliza el conteo de saltos como su única métrica para la selección de rutas.
- Las rutas publicadas con conteo de saltos mayores que 15 son inalcanzables.
- Se transmiten mensajes cada 30 segundos.

A la primera versión de RIP se la denomina generalmente RIPv1 para distinguirla de RIPv2. Sin embargo, ambas versiones comparten muchas funciones similares. Al discutir las funciones comunes de ambas versiones, se prefiere a RIP. Al discutir funciones propias de cada versión, se utilizará RIPv1 y RIPv2.

La porción de datos de un mensaje de RIP se encapsula en un segmento UDP, con los números de puerto de origen y destino establecidos en 520. El encabezado IP y los encabezados de enlace de datos agregan direcciones de destino de *broadcast* antes de enviar el mensaje a todas las interfaces configuradas con RIP.

La limitación principal de RIPv1 es que es un protocolo de enrutamiento con clase, los protocolos de enrutamiento con clase no incluyen la máscara de subred con la dirección de red en las actualizaciones de enrutamiento, lo que puede ocasionar problemas con las redes o subredes no contiguas que usan la máscara de subred de longitud variable (VLSM).

Como RIPv2 es un protocolo de enrutamiento sin clase, las máscaras de subred se incluyen en las actualizaciones de enrutamiento, lo que hace que RIPv2 sea más compatible con los ambientes de enrutamiento modernos.

En realidad, RIPv2 es una mejora de las funciones y extensiones de RIPv1, más que un protocolo completamente nuevo. Algunas de estas funciones mejoradas incluyen:

- Direcciones de siguiente salto en las actualizaciones de enrutamiento
- Uso de direcciones *multicast* al enviar actualizaciones
- Opción de autenticación disponible

#### **1.8.2.2. OSPF**

Del inglés: *Open Shortest Path First* (OSPF) es un protocolo de enrutamiento de estado de enlace desarrollado como reemplazo del protocolo de enrutamiento por vector de distancia: RIP.

RIP constituyó un protocolo de enrutamiento aceptable en los comienzos del *networking* y de internet; sin embargo, su dependencia en el conteo de saltos como la única medida para elegir el mejor camino rápidamente se volvió inaceptable en redes mayores que necesitan una solución de enrutamiento más sólida.

OSPF es un protocolo de enrutamiento sin clase que utiliza el concepto de áreas para realizar la escalabilidad. RFC 2328 define la métrica OSPF como un valor arbitrario llamado costo.

Las principales ventajas de OSPF frente a RIP son su rápida convergencia y escalabilidad a implementaciones de redes mucho mayores.

El desarrollo inicial de OSPF comenzó en 1987 por parte del grupo de trabajo de OSPF, el Grupo de trabajo de ingeniería de internet (IETF). En aquel momento, internet constituía fundamentalmente una red académica y de investigación financiada por el gobierno de los EE. UU. En 1989, la especificación para OSPFv1 se publicó en RFC 1131. Había dos implementaciones desarrolladas: una para ejecutar en *routers* y otra para ejecutar en estaciones de trabajo UNIX. La última implementación se convirtió luego en un proceso UNIX generalizado y conocido como GATED.

OSPFv1 fue un protocolo de enrutamiento experimental y nunca se implementó. En 1991, John Moy introdujo OSPFv2 en RFC 1247. OSPFv2 ofrecía significativas mejoras técnicas con respecto a OSPFv1. Al mismo tiempo, ISO trabajaba en un protocolo de enrutamiento de estado de enlace propio, *Intermediate System-to-Intermediate System* (IS-IS). Lógicamente, IETF eligió OSPF como su IGP (*Interior Gateway Protocol*) recomendado.

En 1998, la especificación OSPFv2 se actualizó en RFC 2328 y representa la RFC actual para OSPF.



## 2. REDES INALÁMBRICAS

Una de las tecnologías más prometedoras es la de comunicar computadoras mediante ondas de radio o luz infrarroja. Las redes inalámbricas no vienen a reemplazar a las redes cableadas, sino que se convierten en una tecnología para resolver problemas de movilidad y accesibilidad de las estaciones. Ya que las redes cableadas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica. Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades ideales de 108 Mbps, las redes cableadas ofrecen velocidades desde 100 Mbps hasta 1 Gbps.

Sin embargo, se pueden fusionar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una “Red Híbrida” y poder resolver los últimos metros hacia la estación.

Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y el operador se pueda desplazar con facilidad dentro de una institución o una oficina.

Existen tres amplias categorías de redes inalámbricas:

- De larga distancia: estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos (mejor conocido como Redes de Área Extensa WAN).

- De media distancia: estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí.
- De corta distancia: estas son utilizadas para transmitir información dentro de las instalaciones de una empresa y brindar movilidad a usuarios finales.

## **2.1. Redes híbridas**

Una red híbrida es la fusión de las redes cableadas y las inalámbricas, tomando en consideración que el sistema cableado generalmente es la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad extra al equipo y el usuario se pueda desplazar con facilidad dentro de un almacén o una oficina.

Considerando que las redes LAN cableadas son redes de computadoras cuya extensión se encuentra en el orden de los 10 metros a 1 kilómetro, por lo general son redes pequeñas utilizadas en oficinas, escuelas o centros educativos.

Por otro lado, puede mencionarse la tecnología de redes MAN inalámbricas, las cuales son una colección de LAN dispersadas geográficamente dentro de un campus (universidades, oficinas de gobierno o industrias) pertenecientes a una misma entidad en un área delimitada en kilómetros.

## **2.2. Utilización del espacio-tiempo y del espectro de redes en RF**

El método de acceso, tal como la modulación de radio y el ancho de banda disponible, es importante para determinar la eficiencia y la capacidad de

un sistema de radio. Uno de los aspectos más importantes de la eficiencia del tiempo es la asignación de frecuencia consolidada y el tráfico de cargas de usuarios no relacionados entre sí.

Independientemente del rango, un conjunto de enlaces puede únicamente dar servicio a una fracción del área total. Para una cobertura total del área, se debe de usar canales independientes, derivados por frecuencia, código o tiempo. No es fácil minimizar el número de canales independientes o conjunto de enlaces para una cobertura total.

Para realizar el diseño de una red inalámbrica, son importantes los siguientes factores:

- Se necesita buena relación señal-interferencia, para una comunicación correcta.
- Se requiere de un margen expresado en estadísticas para generar esta relación, aún en niveles de señal variables.
- La posición de las antenas que realizan la transmisión. Esta puede ser limitada por las estaciones y perfectamente controlada por puntos de acceso fijos.
- Función distancia y nivel de la señal. En esta debe considerarse el valor promedio de la señal, las diferencias en la altura de la antena y los impedimentos naturales en la trayectoria.

### **2.3. Comportamiento de RF**

La FCC ha permitido la operación sin licencia de dispositivos que utilizan 1 watt de energía o menos, en tres bandas de frecuencia: 902 a 928 MHz, 2 400 a 2 483,5 MHz y 5 725 a 5 850 Mhz. Para minimizar la interferencia, las

regulaciones de FCC estipulan una técnica de señal de transmisión llamada *spread-spectrum modulation*, la cual tiene potencia de transmisión máxima de 1 watt y deberá ser utilizada en la banda ISM (esta técnica ha sido utilizada en aplicaciones militares).

La idea es tomar una señal de banda convencional y distribuir su energía en un dominio más amplio de frecuencia. Así, la densidad promedio de energía es menor en el espectro equivalente de la señal original.

En aplicaciones militares el objetivo es reducir la densidad de energía por debajo del nivel de ruido ambiental de tal manera que la señal no sea detectable.

Existen dos técnicas para distribuir la señal convencional en un espectro de propagación equivalente

### **2.3.1. Secuencia directa**

En este método el flujo de bits de entrada se multiplica por una señal de frecuencia mayor, basada en una función de propagación determinada. El flujo de datos original puede ser entonces recobrado en el extremo receptor correlacionándolo con la función de propagación conocida. Este método requiere un procesador de señal digital para correlacionar la señal de entrada.

### **2.3.2. Salto de frecuencia**

Este método es una técnica en la cual los dispositivos receptores y emisores se mueven sincrónicamente en un patrón determinado de una frecuencia a otra, brincando ambos al mismo tiempo y en la misma frecuencia

predeterminada. Como en el método de secuencia directa, los datos deben ser reconstruidos con base en patrón de salto de frecuencia. Este método es viable para las redes inalámbricas, pero la asignación actual de las bandas ISM no es adecuada, debido a la competencia con otros dispositivos, como por ejemplo las bandas de 2,4 y 5,8 Mhz que son utilizadas por hornos de microondas.

#### **2.4. Principio de antenas**

La definición formal de una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

En realidad una antena es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y esta es radiada en el espacio libre. Las antenas deben de dotar a la onda radiada con un aspecto de dirección. Es decir, deben acentuar un solo aspecto de dirección y anular o mermar los demás. Esto es necesario, ya que solo interesa radiar hacia una dirección determinada.

Esto se puede explicar con un ejemplo, hablando de las antenas que llevan los satélites. Estas acentúan mucho la dirección hacia la tierra y anulan la de sentido contrario, puesto que lo que se quiere es comunicarse con la tierra y no mandar señales hacia el espacio.

Las antenas también deben dotar a la onda radiada de una polarización. La polarización de una onda es la figura geométrica descrita, al transcurrir el tiempo, por el extremo del vector del campo eléctrico en un punto fijo del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación.

Para todas las ondas, esa figura es normalmente una elipse, pero hay dos casos particulares de interés y son cuando la figura trazada es un segmento, denominándose linealmente polarizada, y cuando la figura trazada es un círculo, denominándose circularmente polarizada.

#### **2.4.1. Antena parabólica**

La antena parabólica es un tipo de antena que se caracteriza por llevar un reflector parabólico. Pueden ser usadas como antenas transmisoras o como antenas receptoras. En las antenas parabólicas transmisoras el reflector parabólico refleja la onda electromagnética generada por un dispositivo radiante, que se encuentra ubicado en el foco del reflector parabólico, y los frentes de ondas que genera salen de este reflector en forma más coherente que otro tipo de antenas, mientras que en las antenas receptoras el reflector parabólico concentra la onda incidente en su foco donde también se encuentra un detector.

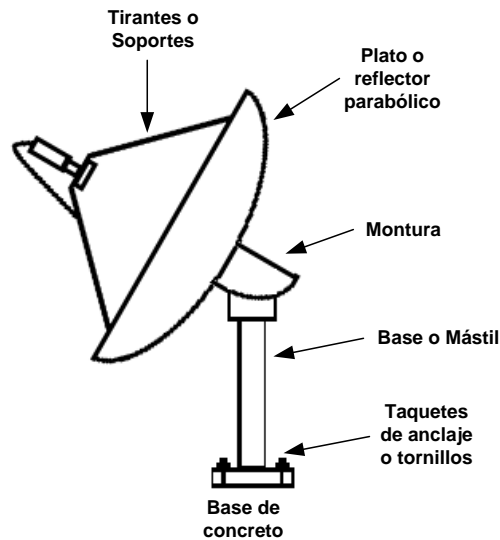
Normalmente estas antenas en redes de microondas operan en forma *full duplex*, es decir, transmiten y reciben simultáneamente. Las antenas parabólicas suelen ser utilizadas a frecuencias altas y tienen una ganancia elevada.

Las antenas parabólicas poseen las siguientes partes:

- Tirantes o soportes: sirven para sujetar a la base del LNB (Bloque Amplificador de Bajo Ruido) y mantener la distancia que existe entre el punto focal del LNB y el centro del plato de la antena parabólica, este punto focal es el punto de incidencia donde se concentra la señal recibida del satélite.

- Plato o reflector parabólico: es el elemento principal de una antena parabólica, si este se encuentra dañado o se excluye será imposible recibir la señal proveniente del satélite. Para facilitar el manejo del plato, este se secciona en pétalos; (tanto en la antena de malla como en la sólida), aunque también existen las de fibra de vidrio de una sola pieza.
- Montura: es uno de los elementos de gran precisión con los que cuenta la antena, permite realizar movimientos para la orientación horizontal (azimut) y vertical (elevación), necesarios para la recepción de la señal; además proporciona la unión entre el plato y la base.
- Base o mástil: es la estructura que soporta y sujeta a la antena parabólica, la mantiene rígida y libre de movimientos que alteren su orientación correcta hacia el satélite. Aun expuesta a la lluvia o fuertes vientos, la base debe soportar el peso de todos los elementos de la antena ya orientada.
- Taquetes y tornillería: estos accesorios son importantes, ya que permiten sujetar todos los elementos que componen la antena.
- Base de concreto: es una superficie sólida y estable para montar la antena, se tiene que construir totalmente de concreto y varilla (no de mortero, ladrillo o bobedilla). Se puede colocar en pisos o azoteas.

Figura 9. Partes de una antena parabólica



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

#### 2.4.2. Antenas direccionales

Una antena direccional (o directiva) es una antena capaz de concentrar la mayor parte de la energía radiada de manera localizada, aumentando así la potencia emitida hacia el receptor o desde la fuente deseada y evitando interferencias introducidas por fuentes no deseadas.

Una antena direccional actúa de forma parecida a un foco que emite un haz concreto y estrecho pero de forma intensa (más alcance). Estas "envían" la información a una cierta zona de cobertura, a un ángulo determinado, por lo cual su alcance es mayor, sin embargo, fuera de la zona de cobertura no se "escucha" nada, no se puede establecer comunicación entre los interlocutores.



El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de los dBi de ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor.

## **2.5. Estándares IEEE**

Normas o estándares: la normalización o estandarización es la redacción y aprobación de normas que se establecen para garantizar el acoplamiento de elementos construidos independientemente, así como garantizar el repuesto en caso de ser necesario, garantizar la calidad de los elementos fabricados, la seguridad de funcionamiento y trabajar con responsabilidad social. La normalización es el proceso de elaborar, aplicar y mejorar las normas que se aplican a distintas actividades científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas.

LAN inalámbrica, IEEE 802.11, es un estándar que define cómo se utiliza la radiofrecuencia (RF) en las bandas sin licencia de frecuencia médica, científica e industrial (ISM) para la capa física y la subcapa MAC de enlaces inalámbricos. Cuando el IEEE 802.11 se emitió por primera vez, prescribía tasas de datos de 1 - 2 Mbps en la banda de 2.4 GHz. En ese momento, las LAN conectadas por cable operaban a 10 Mbps, de modo que la nueva tecnología inalámbrica no se adoptó con entusiasmo. A partir de entonces, los estándares de LAN inalámbrica mejoraron continuamente con la edición de IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g y el borrador 802.11n.

La elección típica sobre qué estándar WLAN utilizar se basa en las tasas de transferencia de datos. Por ejemplo: 802.11a y g pueden admitir hasta 54 Mbps, mientras que 802.11b admite hasta un máximo de 11 Mbps, lo que

implica que 802,11b es un estándar "lento" y que 802,11 a y g son los preferidos. Un cuarto borrador WLAN, 802,11n, excede las tasas de transferencia de datos disponibles en la actualidad. Las tasas de transferencia de datos de los diferentes estándares de LAN inalámbrica están afectadas por algo llamado técnica de modulación. Espectro de dispersión de secuencia directa (DSSS) y multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM).

Cuando un estándar utilice OFDM, tendrá tasas de datos más veloces. Además, el DSSS es más simple que el OFDM, de modo que su implementación es más económica.

802,11a adoptó la técnica de modulación OFDM y utiliza la banda de 5 GHz. Los dispositivos 802,11a que operan en la banda de 5 GHz tienen menos probabilidades de sufrir interferencia que los dispositivos que operan en la banda de 2.4 GHz porque existen menos dispositivos comerciales que utilizan la banda de 5 GHz. Además, las frecuencias más altas permiten la utilización de antenas más pequeñas.

Existen algunas desventajas importantes al utilizar la banda de 5 GHz. La primera es que, a frecuencia de radio más alta, mayor es el índice de absorción por parte de obstáculos tales como paredes, y esto puede ocasionar un rendimiento pobre del 802,11a debido a las obstrucciones. El segundo es que esta banda de frecuencia alta tiene un rango más acotado que el 802.11b o el g. Además, algunos países, incluido Rusia, no permiten la utilización de la banda de 5 GHz, lo que puede restringir más su implementación.

802,11 b y 802,11g: 802,11 b especificó las tasas de transferencia de datos de 1; 2; 5,5 y 11 Mbps en la banda de 2,4 GHz ISM que utiliza DSSS.

802,11b especificó las tasas de datos superiores en esa banda mediante la técnica de modulación OFDM. IEEE 802,11 g también especifica la utilización de *DSSS* para la compatibilidad retrospectiva de los sistemas IEEE 802,11b. El *DSSS* admite tasas de datos de 1; 2; 5,5 y 11 Mbps, como también las tasas de datos OFDM de 6; 9; 12; 18; 24; 48 y 54 Mbps.

Existen ventajas en la utilización de la banda de 2,4 GHz. Los dispositivos en esta banda tendrán mejor alcance que aquellos en la banda de 5 GHz. Además, las transmisiones no se obstruyen fácilmente como en 802,11a. Hay una desventaja importante al utilizar la banda de 2,4 GHz, muchos dispositivos de clientes también la utilizan y provocan que los dispositivos 802.11b y g tiendan a tener interferencia.

802,11n: el borrador del estándar IEEE 802,11n fue pensado para mejorar las tasas de transferencia de datos y el alcance de la WLAN, sin requerir energía adicional o asignación de la banda RF. 802,11n utiliza radios y antenas múltiples en los puntos finales, y cada uno transmite en la misma frecuencia para establecer *streams* múltiples. La tecnología de entrada múltiple/salida múltiple (MIMO) divide un *stream* rápido de tasa de datos en múltiples *streams* de menor tasa y los transmite simultáneamente por las radios y antenas disponibles. Esto permite una tasa de datos teórica máxima de 248 Mbps por medio de dos *streams*.

Tabla I. **Estándares IEEE para redes inalámbricas**

	802.11a	802.11b	802.11g		802.11n
Banda	5.7 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz		No confirmado Posiblemente bandas de 2.4 y 5GHz
Canales*	Hasta 23	3	3		
Modulación	OFDM	DSSS	DSSS	OFDM	MIMO-OFDM
Velocidad de los datos	Hasta 54 Mbps	Hasta 11 Mbps	Hasta 11 Mbps	Hasta 54 Mbps	Se especula que será 248 Mbps para dos streams MIMO
Rango	~150 pies o 35 metros	~150 pies o 35 metros	~150 pies o 35 metros		~230 pies o 70 metros
Fecha de lanzamiento	Octubre de 1999	Octubre de 1999	Junio de 2003		Esperado para el 2008
Pros	Rápido, menos susceptible a interferencias	Bajo costo, buen alcance	Rápido, buen alcance, difícil de obstruir		Buenas velocidades de transferencia de datos, alcance mejorado
Contras	Costo superior, menor alcance	Lenta, susceptible a interferencias	Susceptible a interferencias desde aplicaciones que operan en la banda de 2.4 GHz.		

\*Canales no superpuestos.

Fuente: Cisco Networking Academy. (CCNA). *Exploration*. Módulo 3. p. 600.

### **3. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE VOZ TRADICIONAL**

#### **3.1. Historia de la telefonía**

La aplicación de la electricidad al ámbito de las comunicaciones (los primeros experimentos en este sentido se remontan a la etapa final del siglo XVIII) supuso un avance decisivo. Si el telégrafo había logrado asociar impulsos eléctricos y letras creando un sistema que, tras un adecuado procedimiento de decodificación, permitía la transmisión de mensajes a larga distancia, el siguiente paso vendría con la unión de la señal eléctrica y la voz humana.

No obstante, en el caso del teléfono, se hacía necesario un elemento intermedio que tradujera ondas sonoras en señales eléctricas y en viceversa, un segundo dispositivo capaz de convertir la señal eléctrica en ondas de sonido.

En 1857, Antonio Meucci (1808-89), había inventado una máquina cuyo componente esencial era un elemento vibrador unido a un imán; era el primer aparato telefónico, aunque Meucci patentó su hallazgo en 1871, el escaso interés mostrado por la compañía a la cual lo ofreció y las dificultades económicas del momento le hicieron abandonar el proyecto. Por este motivo, sería Graham Bell (1847-1922), quien, finalmente tras patentar un aparato semejante en 1876, pasaría a la historia como el verdadero padre del teléfono, a pesar de que surgió inmediatamente una disputa legal que no finalizó hasta 1886 y con resultado favorable para Meucci.

La primera conexión telefónica pública se verificó en Estados Unidos en 1878, gracias a la instalación de una centralita de funcionamiento manual, que

hacía posible la distribución de las llamadas entre los usuarios de la red. Desde la centralita manual se establecía la conexión a través de una red de clavijas que se introducían en su correspondiente toma. La conmutación automática empezó a popularizarse en los años noventa del siglo XIX, con la introducción del disco marcador, sustituido en épocas recientes por los denominados generadores de impulsos.

A partir de entonces, los avances más señalados derivaron de la incorporación de bobinas (1913) y de diversas técnicas que hicieron posible mantener más de una conexión sobre la misma línea (1916). Los nombres de Thomas A. Edison, Elisha Gray o Edward Hughes, se encuentran estrechamente vinculados al desarrollo del teléfono. En una etapa posterior, en los años treinta, se aplicaron cables coaxiales y, ya en la segunda mitad de la centuria, se verificaron las primeras comunicaciones entre continentes y comenzaron las transmisiones vía satélite.

- Desde su concepción original se han ido introduciendo mejoras sucesivas, tanto en el propio aparato telefónico como en los métodos y sistemas de explotación de la red. En lo que se refiere al propio aparato telefónico, se pueden señalar varias cosas:
  - La introducción del micrófono de carbón, que aumentaba de forma considerable la potencia emitida, y por tanto el alcance máximo de la comunicación.
  - El dispositivo anti local, para evitar la perturbación en la audición causada por el ruido ambiente del local donde está instalado el teléfono.
  - La marcación por pulsos mediante el denominado disco de marcar.
  - La marcación por tonos multifrecuencia.

- La introducción del micrófono de electret o micrófono de condensador, prácticamente usado en todos los aparatos modernos, que mejora de forma considerable la calidad del sonido.

En cuanto a los métodos y sistemas de explotación de la red telefónica, se pueden señalar:

- La telefonía fija o convencional, que es aquella que hace referencia a las líneas y equipos que se encargan de la comunicación entre terminales telefónicos no portables, y generalmente enlazados entre ellos o con la central por medio de conductores metálicos.
- La central telefónica de conmutación manual para la interconexión mediante la intervención de un operadora de distintos teléfonos, creando de esta forma un primer modelo de red.
- La introducción de las centrales telefónicas de conmutación automática, constituidas mediante dispositivos electromecánicos.
- Las centrales de conmutación automática electromecánicas, pero controladas por computadora.
- La central digital de conmutación automática totalmente electrónica y controlada por ordenador que permite multitud de servicios complementarios (los denominados servicios de valor añadido).
- La introducción de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) y las técnicas ADSL o de banda ancha (ADSL, HDSL, etc.), que permiten la transmisión de datos a más alta velocidad.
- La telefonía móvil o celular, que posibilita la transmisión inalámbrica de voz y datos, pudiendo ser estos a alta velocidad en los nuevos equipos de tercera generación.

## **3.2. Red de telefonía pública conmutada**

Se define la red de telefonía pública conmutada o PSTN por sus siglas en inglés (Public Switched Telephony Network), como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios que permite enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico, que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. Se trata por tanto, de una red de telecomunicaciones conmutada.

### **3.2.1. Funcionamiento**

La red de telefonía pública conmutada es una red de comunicación diseñada primordialmente para la transmisión de voz, aunque pueda también transportar datos, por ejemplo en el caso del fax o de la conexión a internet a través de un módem.

En la red telefónica clásica, los terminales telefónicos (teléfonos) se comunican con una central de conmutación a través de un solo canal compartido por la señal del micrófono y del auricular. En el caso de transmisión de datos hay una sola señal en el cable en un momento dado compuesta por la de subida más la de bajada, por lo que se hacen necesarios supresores de eco.

La voz va en banda base, es decir sin modulación (la señal producida por el micrófono se pone directamente en el cable). Las señales de control (descolgar, marcar y colgar) se realizaban, desde los principios de la telefonía automática, mediante aperturas y cierre del bucle de abonado. En la actualidad, las operaciones de marcado ya no se realizan por apertura y cierre del bucle,



sino mediante tonos que se envían por el terminal telefónico a la central a través del mismo par de cable que la conversación.

En los años 70 se produjo un creciente proceso de digitalización influyendo los sistemas de transmisión, en las centrales de conmutación de la red telefónica, manteniendo el bucle de abonados de manera analógica. Por lo tanto cuando la señal de voz, señal analógica llega a las centrales que trabajan de manera digital aparece la necesidad de digitalizar la señal de voz.

El sistema de codificación digital utilizado para digitalizar la señal telefónica fue la técnica de modulación por impulsos codificados, cuyos parámetros de digitalización son:

- Frecuencia de muestreo: 8 000 Hz
- Número de bits: 8
- Ley A (Europa)
- Ley  $\mu$  (USA y Japón)

### **3.2.2. Conmutador**

En telefonía se conoce como "conmutación" a la acción de poner en comunicación a dos abonados cualesquiera, efectuándose tal operación de forma manual o automática. Para establecer un sistema de conmutación telefónica, hay que partir del tráfico que generen los abonados, de la probabilidad de coincidencia de llamadas y de la duración de las comunicaciones.

También es importante tener en cuenta que cada abonado precisa de un elemento de entrada al sistema. Los abonados están conectados en derivación

a los dispositivos de entrada de la central, llamados Buscadores Primarios, y a los de salida, denominados Selectores Finales.

Dependiendo de la capacidad total de numeración, se precisa un cierto escalonamiento de selectores. Así, si la numeración es a cinco cifras, los selectores primeros seleccionarán la central correspondiente, indicada por la primera cifra; los selectores secundarios en cada central, elegirán la segunda cifra de las unidades de millar. Los selectores terciarios, las centenas; y los finales, las dos últimas cifras.

### **3.2.3. Medios de transmisión**

Se utilizan para la interconexión de centrales telefónicas que se encuentran separadas por distancias largas.

- Medios de transmisión guiados: en medios guiados, el ancho de banda o velocidad de transmisión dependen de la distancia y de si el enlace es punto a punto o multipunto.
- Transmisión inalámbrica: se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se radia energía electromagnética por medio de una antena y luego se recibe esta energía con otra antena.

### **3.2.4. PBX**

Un PBX o PABX (siglas en inglés de Private Branch Exchange y Private Automatic Branch Exchange para PABX) cuya traducción al español sería central secundaria privada automática, es cualquier central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales para gestionar, además de las llamadas internas, las entrantes o salientes con

autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Este dispositivo generalmente pertenece a la empresa que lo tiene instalado y no a la compañía telefónica, de aquí el adjetivo privado a su denominación.

Un PBX se refiere al dispositivo que actúa como una ramificación de la red primaria pública de teléfono, por lo que los usuarios no se comunican al exterior mediante líneas telefónicas convencionales, sino que al estar el PBX directamente conectado a la red telefónica pública, será esta misma la que enrute la llamada hasta su destino final mediante enlaces unificados de transporte de voz llamados líneas troncales.

En otras palabras, los usuarios de una PBX no tienen asociada ninguna central de teléfono pública, ya que es el mismo PBX que actúa como tal, análogo a una central pública que da cobertura a todo un sector mientras que un PBX lo ofrece a las instalaciones de una compañía generalmente.

Los PBX de gran escala, instalados en grandes oficinas funcionan como dispositivos físicos que administran el tráfico de llamadas, incluso contabilizan las llamadas para uso financiero y de facturación. Generalmente el usuario conecta el PBX por un único enlace digital en dos pares de cables físicos en lugar de  $2n$  hilos para las " $n$ " líneas externas contratadas.

El protocolo E1 se creó para interconectar troncales entre centrales telefónicas y después se le fue dando otras aplicaciones hasta las más variadas que se ve hoy en día. La trama E1 consta en 32 divisiones de tiempo (*time slots*) en PCM (Pulse Code Modulation) de 64 kb/s cada una, lo que hace un total de 30 líneas de teléfono normales más 2 canales de señalización utilizados por las centrales para hablar entre ellas y decirse que es lo que pasa por el E1.

En Estados Unidos, Corea del Sur y Japón es ampliamente utilizado el denominado T1, que consta de 24 divisiones de tiempo en PCM.

## 4. TECNOLOGÍA DE VOZ SOBRE IP (VOIP)

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VoIP (por sus siglas en inglés), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla (en forma digital o analógica) a través de circuitos utilizables solo para telefonía como una compañía telefónica convencional o PSTN (sigla de Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada).

Los protocolos que son usados para llevar las señales de voz sobre la red IP son comúnmente referidos como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. Pueden ser vistos como implementaciones comerciales de la "Red experimental de Protocolo de Voz" (1973), inventada por ARPANET.

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a internet, como por ejemplo redes de área local (LAN).

Es muy importante diferenciar entre Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía sobre IP.

- VoIP es el conjunto de normas, dispositivos, protocolos, en definitiva la tecnología que permite la transmisión de la voz sobre el protocolo IP.
- Telefonía sobre IP es el conjunto de nuevas funcionalidades de la telefonía, es decir, en lo que se convierte la telefonía tradicional debido a

los servicios que finalmente se pueden llegar a ofrecer gracias a poder portar la voz sobre el protocolo IP en redes de datos.

#### **4.1. Funcionamiento de VoIP**

La voz sobre IP convierte las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos que son transportados a través de redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales.

La evolución de la transmisión conmutada por circuitos a la transmisión basada en paquetes toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP bien provisionadas. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP nativo o como IP por *Ethernet*, *Frame Relay*, ATM o SONET.

VoIP puede facilitar tareas que serían más difíciles de realizar usando las redes telefónicas comunes:

- Las llamadas telefónicas locales pueden ser automáticamente enrutadas a un teléfono VoIP, sin importar dónde se esté conectado a la red. Uno podría llevar consigo un teléfono VoIP en un viaje, y en cualquier sitio conectado a internet, se podría recibir llamadas.
- Números telefónicos gratuitos para usar con VoIP están disponibles en Estados Unidos de América, Reino Unido y otros países de organizaciones como Usuario VoIP.
- Los agentes de Call Center usando teléfonos VoIP pueden trabajar en cualquier lugar con conexión a Internet lo suficientemente rápida.
- Algunos paquetes de VoIP incluyen los servicios extra por los que PSTN (red pública telefónica conmutada) normalmente cobra un cargo extra, o

que no se encuentran disponibles en algunos países, como son las llamadas de 3 a la vez, retorno de llamada, remarcación automática, o identificación de llamadas.

#### **4.2. Pila de protocolos utilizados para VoIP**

El objetivo de VoIP es dividir en paquetes los flujos de audio para transportarlos sobre redes basadas en IP. Los protocolos de las redes IP originalmente no fueron diseñados para el fluido en tiempo real de audio o cualquier otro tipo de medio de comunicación. La PSTN está diseñada para la transmisión de voz, sin embargo, tiene sus limitaciones tecnológicas.

Es por lo anterior que se crean los protocolos para voip, cuyo mecanismo de conexión abarca una serie de transacciones de señalización entre terminales que cargan dos flujos de audio para cada dirección de la conversación.

Como su nombre indica, VoIP utiliza IP. VoIP puede utilizar tanto UDP como TCP sobre IP. Es importante destacar que VoIP trabaja sobre cualquier pila de protocolos IP. Los usuarios de VoIP pueden añadir esta tecnología de forma fácil y rápida a la red ya existente de datos.

#### **4.3. Protocolos del plano de datos**

Los protocolos del plano de datos están relacionados con la capa 4 del modelo de referencia OSI, estos protocolos encapsulan los datos y se encargan de transportarlos a través de un medio físico.

### **4.3.1. UDP**

User Datagram Protocol (UDP) es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

Su uso principal es para protocolos como DHCP, BOOTP, DNS y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, o no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

UDP es generalmente el protocolo usado en la transmisión de vídeo y voz a través de una red. Esto es porque no hay tiempo para enviar de nuevo paquetes perdidos cuando se está escuchando a alguien o viendo un vídeo en tiempo real.

Ya que tanto TCP como UDP circulan por la misma red, en muchos casos ocurre que el aumento del tráfico UDP daña el correcto funcionamiento de las aplicaciones TCP. Por defecto, TCP pasa a un segundo lugar para dejar a los datos en tiempo real usar la mayor parte del ancho de banda. El problema es que ambos son importantes para la mayor parte de las aplicaciones, por lo que encontrar el equilibrio entre ambos es crucial.



### 4.3.2. RTP Comprimido

Real-Time Protocol (RTP) y Compressed Real-Time Protocol (cRTP) están normalmente disponibles en cualquiera de las arquitecturas de VoIP. El tráfico propio de VoIP a veces va por caminos diferentes a la señalización, esto significa que pueden viajar de forma independiente. RTP es el protocolo que soporta la voz del usuario. Cada paquete RTP contiene una muestra pequeña de la conversación de voz. El tamaño del paquete y el tamaño de la muestra de voz, dentro de dicho paquete, dependerán del CODEC utilizado.

Si un paquete RTP se pierde o es descartado por la red, no será retransmitido, esto es debido a la conveniencia de evitar largas pausas en la conversación telefónica. La red debería diseñarse para que tan sólo unos pocos paquetes sean perdidos en la transmisión. En la cabecera RTP se incluye información para identificar y gestionar cada llamada, de forma individual, desde un extremo a otro. Esta información incluye una estampación de tiempo, un número de secuencia e información de la fuente de sincronización.

Una variante de RTP es RTP comprimido (cRTP). RTP Comprimido elimina mucha de la información de la cabecera del paquete. Eliminando estos bytes, la red se optimiza disminuyendo la información añadida al paquete. Utilizando cRTP, un usuario puede doblar el número de llamadas que al utilizar RTP estándar.

*Compressed* RTP se utiliza en enlaces WAN, especialmente en enlaces punto-punto. Como la cabecera de UDP y RTP se reduce a un máximo de 4 bytes, no hay lugar para añadir en la cabecera la dirección IP.

Por lo tanto, el paquete no puede ser enrutado y solo puede ser utilizado en enlaces donde no resulte necesario direccionamiento IP. La consecuencia de cRTP, similar a cualquier forma de compresión, es que necesita más ciclos de procesamiento en el router para tratar el paquete. El router debe recrear cada cabecera tan pronto llegue el paquete IP, y de esta forma, la información es enrutada a través de la LAN hasta el teléfono IP.

#### **4.3.3. RTCP**

Real-Time Control Protocol (RTCP) es un protocolo del plano de datos. Este protocolo permite a los usuarios finales comunicarse información relativa a la calidad de la llamada. RTCP permite a los usuarios finales ajustar en tiempo real la calidad de la llamada. También contribuye a detectar los posibles problemas. Con RTCP habilitado, cualquier analizador puede visualizar la calidad de la llamada en los dos extremos, analizando los paquetes que envían los dos equipos de comunicación.

Se puede detectar la sección donde está la incidencia de una forma mucho más rápida. De cualquier modo, aunque la información que aporta es muy útil, también añade ancho de banda, por esta razón es el usuario quien tiene que decidir si quiere o no utilizarlo.

#### **4.3.4. RTPC XR**

RTP Real-Time Control Protocol Extended Reports (RTCP XR) es una versión más nueva de RTCP. Define una serie de medidas que pueden ser añadidas de forma económica a gestores, pasarelas y teléfonos IP para el análisis de las llamadas de voz. Los mensajes RTCP XR se intercambian de forma periódica entre los teléfonos IP y las pasarelas. Estos mensajes también

pueden ser gestionados por peticiones SNMP y formar parte de un sistema superior de calidad.

RTCP XR proporciona información sobre pérdidas/descartes de paquetes, Retardo, SNR y Eco, detalles de configuración como el tamaño del *buffer* del *jitter*, además de proporcionar los valores MOS y el factor R de cada llamada.

#### **4.3.5. CODECs**

La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital. El proceso de convertir ondas analógicas a información digital se hace con un codificador-decodificador (CODEC).

Además de la ejecución de la conversión de analógico a digital, el CODEC comprime la secuencia de datos, y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada puede permitir el ahorro del ancho de banda. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca capacidad y permite tener un mayor número de conexiones de llamadas VoIP simultáneamente.

Los CODECs más comunes son G.711, G.723, G.726, G.728, y G.729.

- G.711: convierte la voz en una secuencia digital de 64 kbps. Es el mismo CODEC que se utiliza en TDM. Se considera el indicado para una mayor calidad.
- G.723.1 hay dos tipos diferentes de compresión G.723.1. Un tipo utiliza el algoritmo de compresión CELP y tiene una tasa de bit de 5,3 kbps. El

segundo utiliza el algoritmo MP-MLQ y proporciona una mejor calidad de sonido, la tasa de bit es de 6,3 kbps.

- G.729: ofrece diferentes tasas, incluyendo 40 kbps, 32, 24 y 16 kbps. Ofrece una mayor calidad de voz con una tasa relativamente baja, 8 kbps. Hay dos versiones más utilizadas de este CODEC, G.729 y G.729a. G.729a utiliza un algoritmo más simplificado y permite trabajar con teléfonos que aporten menos potencia de procesado, es decir, teléfonos más simples y baratos para el mismo nivel de calidad.

La elección del CODEC es el primer factor que interviene en la calidad de la llamada de VoIP. Generalmente, cuanto mayor es la tasa de bits que utiliza el CODEC, mayores son la calidad y el ancho de banda, por lo que se permiten un número menor de llamadas simultáneamente.

#### **4.4. Protocolos del plano de control**

Los protocolos del plano de control son los protocolos de señalización que permiten a los usuarios interconectar sus teléfonos de VoIP. Hay muchos tipos de protocolos de señalización diferentes, H.323, SIP, SCCP, MGCP, MEGACO, SIGTRAN. Los más ampliamente utilizados son H.323 y SIP.

##### **4.4.1. Protocolo H.323**

El estándar H.323 es una recomendación de la ITU (Internacional Telecommunications Union), que proporciona la base para la transmisión de voz, datos y vídeo sobre redes no orientadas a conexión y que no ofrecen un grado de calidad del servicio, como son las basadas en IP, incluida internet, de manera tal que las aplicaciones y productos conforme a ella puedan inter

operar, permitiendo la comunicación entre los usuarios sin necesidad de que estos se preocupen por la compatibilidad de sus sistemas. El estándar contempla el control de la llamada, gestión de la información y ancho de banda para una comunicación punto a punto y multipunto, dentro de la LAN, así como define interfaces entre la LAN y otras redes externas, como puede ser la RDSI.

H.323 fue el primer protocolo diseñado para este fin. Fue diseñado por el *ITU-T* para transmitir audio y video sobre internet. La versión actual es la versión 5 después de 10 años de revisiones y anexos para aumentar escalabilidad, estabilidad y detalles adicionales. Cada uno de sus componentes está encargado de diferentes tareas como la configuración o el registro de la llamada.

H.245. establece un canal lógico para cada llamada (extremo a extremo). Durante la negociación, los dos extremos se intercambian las preferencias, como por ejemplo, la elección del CODEC.

Especifica la sintaxis y la semántica de los mensajes de información de terminal así como los procedimientos para utilizarlos en la negociación en banda al comienzo de la comunicación o durante esta. Los mensajes comprenden capacidades de recepción y transmisión así como preferencia de modos desde el extremo de recepción, la señalización de canal lógico, y control e indicación. Se especifican procedimientos de señalización con acuse de recibo para garantizar comunicaciones fiables audiovisuales y de datos.

Esta recomendación abarca una amplia gama de aplicaciones que incluyen servicios de almacenamiento y extracción, mensajería y distribución, así como servicios conversacionales. Los diferentes sistemas que utilizan este protocolo pueden especificar el empleo de diferentes protocolos de transporte.

Sin embargo, se ha previsto su utilización con una capa de transporte fiable, es decir, que proporciona una entrega garantizada de datos correctos.

Se definen procedimientos para permitir el intercambio de capacidad audiovisuales y de datos; para solicitar la transmisión de un modo audiovisual y de datos determinado; para gestionar los canales lógicos utilizados para transportar la información audiovisual y de datos; para establecer qué terminal es el terminal principal y cuál el subordinado con fines de gestión de los canales lógicos bidireccionales; para transportar distintas señales de control e indicación; para controlar la velocidad de bits de los canales lógicos individuales y de la totalidad del múltiplex; y para medir el retardo de ida y vuelta entre un par de terminales.

H.225 constituye los mensajes básicos de la señalización que también se utilizan para interconectar con RDSI. Están basados en el protocolo Q. 931 y permiten establecer y terminar las llamadas entre los teléfonos y todos los gestores del medio. La recomendación H.225 está destinada a operar con una amplia variedad de redes de paquetes diferentes, inclusive IEEE 802.3, *Token Ring* y otras tecnologías *Ethernet*. De este modo, el protocolo H.225 se define como algo que está por encima de la capa de transporte tal como TCP/IP/UDP, IPX/IPX, entre otros.

Así, el alcance de la comunicación H.225.0 se halla entre entidades H.323 en la misma red de paquetes, utilizando el mismo protocolo de transporte. Esta red de paquetes puede ser un único segmento o anillo, o podría lógicamente ser una red de datos empresarial que comprenda múltiples redes de paquetes puenteadas o encaminadas para crear una red interconectada.

La recomendación H.225 hace uso del protocolo en tiempo real/protocolo de control en tiempo real (RTP/RTCP, Real-Time Transport Protocol/Real-Time Transport Control Protocol) para la paquetización y sincronización de medios de todas las redes de paquetes subyacentes. La presente recomendación supone un modelo de llamada en el que se utiliza señalización inicial en una dirección de transporte no RTP para establecimiento de comunicaciones y negociación de capacidad, seguida por el establecimiento de una o más conexiones RTP/RTCP.

#### **4.4.2. Estándar SIP**

Session Initiation Protocol (SIP) está diseñado para gestionar y establecer llamadas multimedia, como videoconferencia, llamadas de voz o sesiones para compartir datos. Es un protocolo de señalización de capa de aplicación que define la iniciación, modificación y la terminación de sesiones interactivas de comunicación multimedia entre usuarios. El SIP se desarrolla siguiendo los procedimientos del IETF (Internet Engineering Task Force) y fue desarrollado con la intención de ser un estándar.

El protocolo SIP se concentra en el establecimiento, modificación y terminación de las sesiones, se complementa, entre otros, con el SDP (protocolo de descripción de sesión), que describe el contenido multimedia de la sesión, por ejemplo qué direcciones IP, puertos y códecs se usarán durante la comunicación. También se complementa con el RTP (Real-time Transport Protocol). RTP es el verdadero portador para el contenido de voz y video que intercambian los participantes en una sesión establecida por SIP.

El protocolo SIP adopta el modelo cliente-servidor y es transaccional, el cliente realiza peticiones que el servidor atiende y genera una o más

respuestas. Por defecto SIP utiliza el puerto 5060 en TCP (Transmission Control Protocol) y UDP (User Datagram Protocol) para recibir las peticiones de los clientes SIP. Al contrario que H.323, el protocolo SIP puede usar el protocolo de transporte de red IP en modo datagrama UDP además del protocolo de transporte de red IP en modo conectado TCP.

UDP tiene la ventaja de ser un protocolo no conectado que facilita rápidos intercambios. No garantiza la recepción de datagramas ni la preservación de la secuencia de transmisión. Por eso, SIP realiza estas funciones usando mecanismos de retransmisión, confirmación y secuenciación.

Como una de las principales aplicaciones del protocolo SIP es la telefonía, un objetivo de SIP fue aportar un conjunto de las funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la red pública conmutada de telefonía. Así, implementó funciones típicas de dicha red, como son: llamar a un número, provocar que un teléfono suene al ser llamado, escuchar la señal de tono o de ocupado. SIP es un protocolo *peer to peer* o conexiones punto a punto.

Es importante señalar que SIP no ofrece un sistema de comunicación integrado. SIP está a cargo únicamente de iniciar un diálogo entre interlocutores y de negociar los parámetros de comunicación, especialmente en relación con los medios implicados (audio, vídeo) El protocolo SDP (protocolo de descripción de sesión) describe las características de los medios.



Al igual que cualquier protocolo emergente de gran importancia para el futuro de la Voz sobre IP. El objetivo y ámbito del protocolo SIP seguirá el proceso de los estándares de la industria (IETF) y aumentará progresivamente el nivel de servicios de cada aplicación según vaya avanzando el mercado.

#### **4.4.2.1. Esquema de direcciones URL**

Permite la portabilidad del número independientemente de la localización física del usuario. Las direcciones pueden ser un número de teléfono, una dirección IP o una dirección de correo electrónico. Estos mensajes son muy similares a los utilizados por internet (http).

#### **4.4.2.2. Multimedia SIP**

Puede establecer múltiples sesiones durante una sola llamada. Esto significa que los usuarios pueden compartir un juego, mensajería instantánea y hablar al mismo tiempo.

El SIP presenta las siguientes ventajas:

- Más integrado con las aplicaciones y servicios internet
- Mayor flexibilidad para incorporar nuevas funciones
- Implementación más simple
- Aplicaciones interactivas multimedia
- Integración con protocolos existentes
- Facilidad de creación en servicios integrados digitales

Las diferencias entre ambos son consecuencia de las que establece el IETF y la ITU. Estas se dan en cuanto a servicios soportados que se reducen a medida que se desarrollan nuevas versiones, entonces se pueden definir las ventajas que presenta SIP sobre H.323.

- H.323 se presentó como una evolución de SS7, diseñado para el control de la señalización en redes de conmutación de circuitos. Por el contrario, SIP está más cercano a HTTP, empleado en internet, paradigma de red de paquetes. De cara al futuro, es mejor decantarse por SIP.
- En ambos casos, los flujos de información multimedia se transportan haciendo uso de RTP, por lo que la elección de un protocolo de control u otro no influye de manera directa en la calidad con que se ofrecen los servicios.
- H.323 es mucho más complejo que SIP. Tiene cientos de mensajes diferentes codificados en binario en SIP, por el contrario, los mensajes son de texto y muy sencillos tanto en su sintaxis como en su semántica. Por lo tanto, H.323 complica el trabajo a los desarrolladores, así como a los administradores de redes a la hora de localizar problemas.
- La arquitectura cliente/servidor de SIP es más fácil de implementar, al igual que sus mecanismos de seguridad y de gestión. H323 envía muchos mensajes a la red, con el riesgo potencial de crear congestión. Además, resulta difícil de personalizar.
- SIP es más fácilmente extensible y, por lo tanto, se puede adaptar mejor a las necesidades futuras de los usuarios. H.323 presenta un mayor número de limitaciones en este sentido.

## **4.5. Transmisión de voz sobre redes**

Para establecer una comunicación de voz utilizando la red IP, lo primero que se necesita es establecer la conexión entre los dos terminales de los usuarios, equipados con el mismo software o compatible, que desean comunicarse, es decir establecer una sesión IP; a partir de ahí, se digitaliza la voz, se comprime para que ocupe menos ancho de banda, y se trasmite a través de la red como si fuese un flujo de datos.

La comunicación puede ser multimedia y transferirse ficheros o ver un vídeo mientras se conversa. Existen otras dos modalidades que se dan en el caso de establecer la comunicación entre un teléfono y un PC o bien entre dos teléfonos, utilizando la red internet.

### **4.5.1. Calidad de servicio**

Se exponen los mecanismos de señalización para lograr calidad de servicio en redes IP cuando de tráfico con requerimientos de tiempo real se trata. Las redes IP fueron diseñadas para el transporte óptimo del tráfico de datos, por lo que la Calidad de Servicio (QoS) requerida en las mismas se basó únicamente en la integridad de los datos, es decir, en la no pérdida de contenido y ni secuencialidad de los mismos.

En este sentido IP fue concebido, para llevar por la red, de forma óptima y segura, el tráfico sin requerimientos de tiempo real.

En consecuencia, la QoS en relación con el tráfico que tiene requerimientos de tiempo real necesita considerar otros parámetros de calidad, tales como la latencia (retardo y *jitter*) y el ancho de banda. Dados estos

requerimientos de QoS impuestos por el tráfico con características de tiempo real, como audio y vídeo, se necesitan mecanismos de señalización que propicien tener bajo control dichos parámetros de calidad.

Mientras más dispositivos se tengan conectados a la red, más competencia habrá por el ancho de banda y más probabilidades se tendrá para que el mensaje de correo electrónico con una foto digital grande afecte a la llamada de VoIP.

#### **4.5.2. Mecanismos de señalización**

Son dos los mecanismos de señalización para garantizar un QoS para VoIP: Servicios Integrados y Servicios Diferenciados. Los mismos que permiten establecer prioridades para las actividades concurrentes de la red; por ejemplo, especificando que las llamadas de VoIP nunca deben ser interrumpidas por otro tipo de tráfico.

##### **4.5.2.1. Servicios integrados**

Int-Serv (Integrated Services). Basado en el Protocolo de Reserva de Recursos RSVP (Resource ReSerVation Protocol), implica una reserva de recursos en la red para cada flujo de información de usuario, así como el mantenimiento en la red (en los ruteadores) de un estado para cada flujo, esto es, mantenimiento de la reserva.

Esto conduce a un considerable tráfico de señalización y ocupación de recursos en cada ruteador para cada flujo, con la consiguiente complejidad en el *hardware*, al margen del aporte que esta señalización hace a la congestión de la red. No es una solución adecuada para grandes entornos como internet,

aunque si lo es para entornos más limitados y también para redes de acceso al *backbone*. RSVP es un protocolo señalización de QoS, y posibilita: dar a las aplicaciones un modo uniforme para solicitar determinado nivel de QoS y encontrar una forma de garantizar cierto nivel de QoS, y proveer autenticación.

#### **4.5.2.2. Servicios diferenciados**

Diff-Serv (Differentiated Services). Se basa en marcar los paquetes IP, y la red (los ruteadores) los tratarán en base a esa marca, esto es, se desarrolla un tratamiento diferenciado de los paquetes IP en los ruteadores. Define y utiliza diferentes tipos de ruteadores. Esta diferenciación no es la misma en los diferentes nodos, sino depende de si se trata de un nodo interior o un nodo frontera.

En consecuencia, y a diferencia de la solución Servicios Integrados (basada en RSVP), la red con nodos Diff-Serv no establece ni mantiene estados de las conexiones por flujos de paquetes. Es una solución escalable, más apropiada para grandes entornos como internet. Puede ser fácilmente implementada en las redes IP existentes.

#### **4.5.3. Medidas de la calidad de voz**

En una red nueva, aparecen numerosos elementos o factores que afectan a la calidad general. El elemento que más afecta a la calidad de las llamadas de VoIP es el diseño, implementación y uso de la red en la que tienen lugar estas llamadas.

Una llamada típicamente se originará en un dispositivo típicamente de un usuario final, circulará primero a través de la LAN del cliente, circulará

posteriormente a través de un enlace WAN, la red del proveedor de servicios y vuelta a otra red LAN y, por último, al dispositivo del extremo remoto. Los dispositivos de usuario final y los enlaces WAN son los más vulnerables a factores degradantes.

Hay varios puntos en los que la red puede afectar a una llamada de VoIP, como son *jitter* de paquete, la pérdida de paquete y retardo.

*Jitter* de paquete: está causado por la diferencia de tiempo de llegadas de los distintos paquetes IP. Estos paquetes deberían llegar sin espacios.

Pérdida de paquete: es la pérdida de uno o más paquetes. A menudo, está causado por la congestión en la red o por la poca calidad del enlace.

Retardo: es el tiempo que necesita la voz para viajar desde el micrófono de un teléfono al auricular del teléfono remoto, es la suma del retardo que introduce el CODEC seleccionado, el buffer del *jitter* en el teléfono y el trayecto utilizado para transportar los paquetes a través de la red.

#### **4.5.4. Medidas de la calidad de servicio**

Hay muchos métodos para medir la calidad de una llamada de VoIP, pero en general existen dos grandes grupos, de forma intrusiva o con tráfico real.

Pasivo: tiempo real, analizador en un solo extremo. Estos métodos analizan la calidad de la voz de forma pasiva sin interferir en las llamadas existentes, y sin necesidad de una señal de referencia.

- E-Model (valor R), se proporciona un solo valor llamado R que se deriva de las características de la red, como el retardo y otros valores. Originalmente el E-Model fue ideado para el diseño y la planificación de la red. El valor de R varía entre 0 (muy poca calidad) a 100 (muy alta calidad). Cualquier valor por encima de 50 es aceptable.
- VQmon, Voice Quality Monitoring, se deriva del E-Model. VQmon no considera directamente los aspectos de la conversión analógico-digital y viceversa, pero analiza los errores de la red (*jitter*, pérdidas y retardo), y predice el impacto en la señal de audio reconstruida. La ventaja es el análisis en tiempo real de cualquier llamada.
- MOS, (Mean Opinion Score) asigna un valor a la calidad de la llamada. La medida tiene en cuenta tanto al CODEC como los efectos de la red. Las marcaciones MOS tienen valores desde 1 (mala) a 5 (excelente). El valor de MOS real ha sido determinado en un ejercicio estadístico, un gran número de personas escuchando la misma llamada y valorándola de 1 a 5. Los analizadores pueden valorar marcaciones MOS por medio de complicados algoritmos. Pueden darse datos MOS total o por llamadas y, normalmente, es la medida más utilizada.

Intrusiva: no en tiempo real, equipos en dos extremos. Estos métodos utilizan el envío de una señal conocida a través de la red, la captan en el otro extremo, y la comparan con la señal enviada.

Los algoritmos más utilizados para esta comparación son:

- PSQM, Perceptual Speech Quality Measurement, está diseñado para evitar la naturaleza subjetiva del Mean Opinion Score (MOS) y el proceso que resulta necesario para MOS, esfuerzo y recursos para conseguir reunir un gran número de personas en una habitación y que escuchen

innumerables llamadas de VoIP. PSQM no tiene capacidad de analizar los efectos causados por el trayecto a través de la red, como pueden ser la pérdida o el *jitter* de paquete.

- PESQ y PAMS, fueron diseñados para aumentar el rango que cubría las medidas PSQM, incluir distorsión, filtrado y otras desigualdades del canal. Pero tampoco analizan todos los factores.

Hasta ahora, el análisis de VoIP siempre ha sido llevado a cabo por especialistas de datos, utilizando para ello complicados y caros analizadores de protocolos.

#### 4.6. Comparación entre telefonía tradicional (PSTN) y VoIP

VoIP ofrece a los usuarios finales muchas características y ahorro en los costos comparado con la telefonía tradicional. A continuación se realiza una breve comparación entre las dos tecnologías.

Tabla II. **Comparativa entre telefonía tradicional y VoIP**

Características	PSTN	VoIP
Transporte	Líneas dedicadas y proporcionadas por el proveedor.	A través de una conexión de internet.
Ancho de banda	Cada línea telefónica análoga se utiliza 64 kbps en cada dirección.	VoIP utiliza aproximadamente 10 kbps. Puede ahorrar haciendo uso de supresión de silencio (no se transmite cuando la persona no está hablando).



Continuación de la tabla II.

Llamada en espera, identificador de llamada, conferencia, música en espera, entre otros.	Suelen estar disponibles con un costo adicional.	Generalmente disponible gratuitamente.
Extensiones remotas del PABX para usuarios remotos y sucursales.	Costoso y requiere líneas dedicadas para cada extensión remota.	Las extensiones remotas son características estándar, puede utilizar conexión a internet.
Expansión y actualización.	Complicada, puede requerir adiciones significantes de <i>hardware</i> , suministro de nuevas líneas, entre otros.	A menudo sólo requiere más ancho de banda de Internet y actualizaciones de software.
Llamadas gratuitas.	Ninguna	A otros usuarios VoIP del mismo segmento de red o a través de un enlace de datos o conexión a internet.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.7. Problemas que presenta la voz sobre IP

En una encuesta realizada en Estados Unidos, país con mayor porcentaje de empresas que ha migrado del servicio telefónico convencional a la telefonía IP, realizada por la empresa Harris Interactive, en marzo del 2004, se detectó las siguientes barreras para la adopción de la Voz sobre IP (VoIP) como medio de comunicación, expresado como el porcentaje de los encuestados que respondieron en cada opción.

- 62 % Falta de soporte para la línea 911 (sistema de emergencia).
- 60 % Problemas de seguridad y privacidad.
- 58 % Una red VoIP no operaría si falla el fluido eléctrico.
- 52 % La calidad de las llamadas es menor a la de la red tradicional.
- 35 % Requiere conexión de alta velocidad al Internet y equipo para usar VoIP.
- 30 % No hay un directorio telefónico de VoIP.

Es importante determinar también que en algunos países hay avisos de "ilegalidad" en el uso de la VoIP, ya que se consideran como bypass, barrera adicional que por razones obvias no aparece en Estados Unidos.

## **5. PROPUESTA Y DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES *ETHERNET WORP* EN UNA RED EMPRESARIAL PARA SOPORTE DE VOZ POR IP**

### **5.1. Definición y descripción del funcionamiento de WORP**

WORP, por sus siglas en inglés Wireless Outdoor Router Protocol o Protocolo de *router* inalámbrico para exterior, es un nuevo protocolo que está diseñado para optimizar el rendimiento de los enlaces inalámbricos para exterior tipo punto-a-punto y punto-a-multipunto, utilizando radio transmisores bajo el estándar 802.11b.

La utilización de radio transmisores 802,11 b y puentes, brinda a Proxim la posibilidad de ofrecer un bajo costo y soluciones con amplias características, lo que es ideal para accesos económicos a la última milla y las redes de los distintos campus.

WORP se encarga de la degradación del rendimiento que ocurre con las normas basadas en la tecnología de LAN inalámbrica en 802.11b cuando se utilizan para la conexión de edificio a edificio, incurriendo en el problema llamado “Nodo oculto”.

#### **Problema del “Nodo oculto”**

Todos los radios transmisores inalámbricos CSMA/CA y 802.11 asumen que todos los nodos poseen sensor de portadora (detección de señal). Esto significa que todos los radios transmisores en un sistema pueden “oír” cada una

de las señales de los otros radios y no transmitir si otros están transmitiendo. Esto es fácilmente logrado en una instalación en interiores pero no es factible en ambientes punto a multipunto en exteriores. El mecanismo de RTS/CTS (Request-To-Send/Clear-To-Send), un intento de resolver este problema; es un concepto que ha sido incluido en el estándar 802,11 pero no resuelve el problema del “nodo escondido”.

En una red con solo un puñado de usuarios, un radio transmisor estándar 802,11 b trabajará en exterior. Sin embargo, cuando hay necesidad de escalar la red más allá, entonces un RTS que es enviado desde una Unidad Suscriptora hacia la estación base corromperá cualquier información que otra unidad suscriptora este enviando en ese momento. Esto resulta en pérdida innecesaria de paquetes y múltiples retransmisiones, causando que el rendimiento de la red caiga dramáticamente. El algoritmo de elección de WERP asegura que estas colisiones no puedan ocurrir, lo que incrementa el rendimiento de toda la red significativamente.

Beneficios de las soluciones WERP sobre puntos de acceso de LAN inalámbrica.

- Más ancho de banda de red

Solucionando el problema del nodo oculto, WERP incremento todo el ancho de banda de un sistema multipunto. El ancho de banda de red comparado con una solución de punto de acceso estándar Wifi utilizado en una ambiente en exterior puede ser incrementado hasta 6 Mb/s utilizando WERP. El trasfondo de esto es que WERP es un protocolo más eficiente que protege el sistema de colisiones, lo cual incrementa todo el rendimiento.

- Más usuarios concurrentes

Una solución para exteriores punto-a-multipunto basada en un 802,11 b puede conectar desde 5 hasta 10 nodos remotos, pero a veces el rendimiento empieza a tener colisiones desde tan poco como solamente 2 nodos remotos. Por otro lado, una solución utilizando WERP, puede conectar hasta 100 nodos remotos sin efectos adversos en el ancho de banda utilizable, permitiendo que más unidades subscriptoras estén activas en un ambiente inalámbrico multipunto.

- Control de ancho de banda

WERP permite al proveedor del servicio controlar el ancho de banda de la red, protegiendo a la red del uso excesivo desde una sola estación. Adicionalmente permite a los proveedores de servicios diferenciar sus ofertas de servicio.

- Control asimétrico del ancho de banda

Anchos de banda asimétricos brindan al administrador de la red la posibilidad de establecer diferentes anchos de banda máximos a una variedad de grupos de clientes. Esto permite a los proveedores de servicios diferenciar sus ofertas de servicio y maximizar los ingresos.

#### Funcionalidad de WERP

- Difusión y registro

En un sistema basado en WORP, la unidad base (Base Station Unit o BSU) actúa como el controlador de tráfico. Para que una Unidad Suscriptora (Subscriber Unit o SU) reconozca el sistema, la estación base transmite una emisión de información. Esta emisión ocurre cada 150 ms. La BSU solo emite a las SU que tienen la misma clave de encriptación, nombre de red y nombre de la estación base. Una estación que desea unirse puede hacerlo tan pronto vea las emisiones de la BSU.

Cuando el número máximo o permitido de SU sea registrado en la estación base, las emisiones se detendrán hasta que una Unidad Suscriptora se elimine del registro. El registro y la mutua autenticación está basada en MD-5 mediante una clave secreta compartida. La negociación de ancho de banda para la específica Unidad Suscriptora ocurre entre SU y BSU para ejecutar la administración de ancho de banda. Para cada SU registrada es asignado un número de puerto, hasta un máximo de 100.

- Elección de satélites, solicitud de servicio y programación dinámica

La BSU buscará cada satélite regularmente, cada 4 segundos como mínimo (modo en reposo). Cuando una SU tenga nuevos datos, requerirá ser elegida inmediatamente (si no fue elegida desde la última emisión de la base) tan pronto como vea el emisión de BSU.

La BSU programará la SU para elección dinámica; basada en la cantidad de información que estén esperando para optimizar el uso del ancho de banda disponible.

- Ventanas, retransmisión y tiempo de espera agotado

Los datos son enviados entre SU y BSU con un número secuencial de incremento y cada trama es reconocida. Nuevos datos son enviados inmediatamente incluso si la “ventana” de la secuencia numérica aún no se llena. El fondo de la ventana es el último número de secuencia conocido. La retransmisión solo ocurre cuando varias tramas se han enviado para las cuales no hay acuse de recibo. La retransmisión se realiza selectivamente sobre las tramas faltantes únicamente.

Tiempo de espera agotado y descarte suceden cuando los datos tardan mucho en la cola de TX: (más de 1,5 seg. con un tamaño máximo de almacenamiento de 512 tramas), cuando los datos tardan mucho en la cola de retransmisión (16 solicitudes) con un tiempo de espera agotado dependiente de la tasa de transferencia de datos del radio transmisor y el número de Unidad Subscriptora registrada.

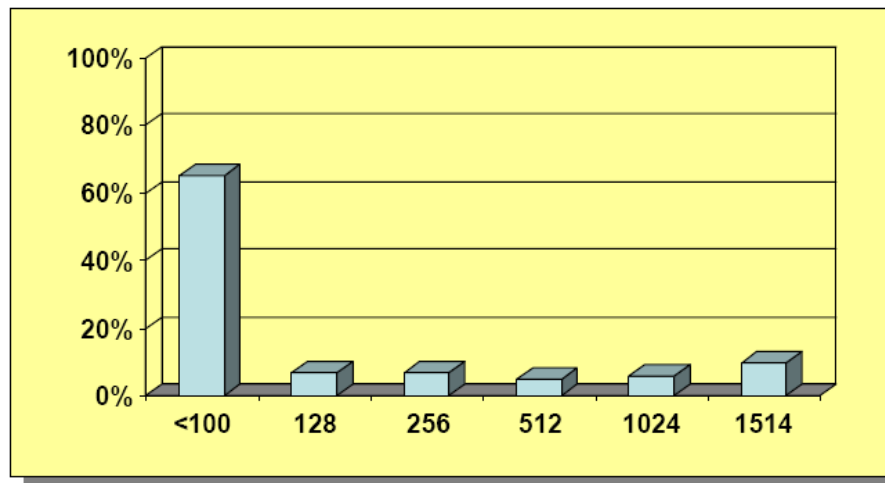
- Eliminación de registro

La eliminación del registro sucede cuando la BSU y SU no se han visto por 30 segundos. La BSU considera no registrada la SU y necesita registrarse nuevamente tan pronto como vea las emisiones de la BSU nuevamente.

- Rendimiento, súperempaquetado y fragmentación

En una red, el máximo rendimiento será logrado cuando las tramas 802.11 tengan paquetes de datos del tamaño de 2 304 *bytes*. Los paquetes *Ethernet* tienen un máximo de 1 514 *bytes*. Generalmente el 60 % de los mensaje IP son cortos (<100). Estas pequeñas tramas impactan el rendimiento efectivo.

Figura 10. **Porcentaje de paquetes versus tamaño en bits**



Fuente: *Proxim Wireless Networks, Technology WOPR Overview*. p. 4.

WOPR utiliza súperempaquetado y fragmentación para mejorar el rendimiento efectivo del sistema minimizando las sobrecargas.

Con súperempaquetado, *WOPR* pone varios paquetes dentro de la misma trama. La fragmentación divide paquetes en dos tramas.

- **Cifrado**

Toda la comunicación WOPR se envía a través de tramas de datos, de modo que ellas siempre están seguidas del estado de encriptación. Para el cifrado, WEP de 64 y 128 bits de encriptación es utilizado para evitar una contraseña débil. En la versión actual se utiliza una clave de cifrado estática. Con un cifrado de 128 bits activado, el sistema alcanza un 85 % de su rendimiento normal.



- Control de ancho de banda

El proveedor de servicio de red puede limitar (regular) el ancho de banda que cada cliente está permitido a utilizar. Esto se logra en la Unidad Subscriptora. El control de ancho de banda puede ser configurado por cada enlace SU-BSU. En asimétrico, el caudal de subida y bajada puede ser configurado independientemente, así los proveedores de servicio pueden ofrecer diferentes ofertas de servicio a sus clientes.

El control de ancho de banda es un mecanismo de seguridad para el ISP. Garantiza una repartición equitativa del ancho de banda sobre el sistema activo, así un solo subscriptor no puede consumir todo el ancho de banda del sistema. El control de ancho de banda es capaz de establecer la máxima tasa de transferencia de información (Maximum Information Rate o MIR) pero no la tasa de transferencia de información entregada (Committed Information Rate o CIR). Puede ser configurado de dos maneras: estático en cada interfaz de la Unidad Subscriptora y la estación de unidad base o centralizado vía un servidor de radius.

### Seguridad WOPR

WOPR ofrece una variedad de características de seguridad para asegurar los datos en la red. En primer lugar, el protocolo no está normalizado o publicado, lo que lo hace menos vulnerable a los piratas informáticos que un sistema basado en wifi. En segundo lugar, WOPR requiere que la SU se registre en la Base haciendo una mutua autenticación con identificación vía una cadena secreta MD-5. Ambos saben que sus pares pertenecen a la red.

Adicionalmente WOPR utiliza cifrado de 128 bits utilizando WEP+ para cifrar los datos que están siendo enviados. Cuarto, control de acceso (autenticación) que ocurre localmente y vía un servidor radius. Finalmente, todos los métodos de administración remota están protegidos con contraseña. Diferentes contraseñas se pueden configurar para lectura por SNMP, lectura/escritura por SNMP, Telnet y HTTP.

## **5.2. Análisis sobre las necesidades para implementar enlaces inalámbricos con soporte para voz sobre ip**

Las redes empresariales crecen día a día, expandiéndose a través de sucursales ubicadas en edificios cercanos a la central o a unos cuantos kilómetros de distancia. La necesidad de conectar las diferentes redes puede incurrir en gastos realmente altos debido a que los cableados de cobre o fibra óptica dependen de la distancia que separe ambos puntos, esto sin tomar en cuenta que se hace necesario conectar más de 2 puntos.

El mayor desafío en cuanto a los administradores IT reside en aprovechar las aplicaciones, capacitación a usuarios e inversiones en infraestructura ya existentes, mientras se despliegan soluciones nuevas que puedan satisfacer las necesidades futuras.

Las soluciones de telefonía IP totalmente distribuida pueden ser completamente nuevas, los proveedores del *hardware* para telefonía IP proporcionan soluciones por etapas para habilitar las centrales telefónicas existentes para la telefonía IP, permitiendo que los clientes puedan iniciar la implementación con bajos riesgos y a costos reducidos.

Todas estas opciones ofrecen flexibilidad para soportar la transición de una organización hacia la telefonía IP en todos los puntos remotos.

Cuando la empresa decide dar un paso más para evolucionar sus comunicaciones y ha elegido ya la telefonía IP, deberá migrar de una manera rentable y segura. Dependerá de cómo la solución y las aplicaciones de telefonía IP se adapten a las necesidades de la empresa, mientras satisfacen los requerimientos de IT en cuanto a confiabilidad, seguridad, movilidad, acceso y administración.

El mercado de la telefonía IP se fusionó alrededor de una arquitectura común ampliamente distribuida que conecta la telefonía IP a los elementos TDM tradicionales y una importante gama de nuevos dispositivos de acceso, que incluyen teléfonos IP, teléfonos IP basados en software, PDAs, y más. Se han basado en estándares abiertos y puede ser adaptada para cumplir con las necesidades específicas de cada cliente y adaptarse a empresas de todo tamaño. Cualquier evaluación de una solución de telefonía IP debería incluir un análisis minucioso del costo total de inversión, que compare las características, los costos y el retorno de la inversión de las soluciones de los distintos proveedores.

Las redes convergentes exigen seguridad que expande las tradicionales políticas y procedimientos de seguridad de los datos, a fin de proteger la privacidad de toda la información de la red, incluyendo el tráfico de telefonía IP, dado que la telefonía IP puede introducir puntos de entrada no autorizados a la red. Por ende, es necesario diseñar una red convergente que cumpla con las políticas de seguridad de IT para voz y datos, y que, al mismo tiempo, no obstaculice la ejecución de las aplicaciones críticas para la red.

Cuando la productividad va en aumento y el crecimiento en una empresa es inminente e inevitable, la red también lo hará. La implementación de sucursales nuevas provee un punto clave en el desarrollo volviéndose necesaria la comunicación constante desde los sitios remotos hasta la central, la cual se encarga de administrar todos los recursos, centralizar la información y proveer todos los servicios necesarios.

La interconexión de estas redes remotas implica gastos obligatorios mes a mes con proveedores de servicios de internet, quienes brindan enlaces de cobre o fibra óptica a través de una red de datos propia y que puede conectar ambos puntos por medio de su macro red.

Como una desventaja más a los costos en esta solución es que dependiendo del servicio que sea contratado, así será el ancho de banda que proporcione el proveedor, esto limitará las comunicaciones a velocidad y calidad.

También es posible la conexión de manera dedicada desde la central hacia cada una de las sucursales, es decir, se puede conectar directamente ambos puntos utilizando un cableado de fibra óptica. La implementación de esta solución incluye trabajos extras como pueden ser, instalación de tuberías desde la central de datos hacia la calle, solicitud de permisos a las autoridades correspondientes para la utilización de la infraestructura pública o privada, ya sea, postes de telefonía, postes de servicio de cable-tv y ductos subterráneos, todo esto desde el punto donde se encuentran centralizados todos los servicios hasta cualquiera de las sucursales que deberán estar conectadas.

La implementación de enlaces dedicados mejorará de manera radical el ancho de banda, reduciendo significativamente los retardos y mejorando la calidad en los servicios.

Finalmente la utilización de redes híbridas puede mezclar las ventajas de una red de servicios local, con la movilidad y facilidad de implementación de los enlaces inalámbricos en comparación con los pasos que serían necesarios para la instalación de un enlace dedicado. Esta solución agrega más ancho de banda que el que podría brindar un proveedor de servicios mas no podría establecer las mismas capacidades de un enlace dedicado.

La ventaja principal radica en que un proveedor no brindará más que 2 o 4 Mbps de ancho de banda a un costo mensual significativamente elevado, un enlace dedicado brindará aproximadamente 100 Mbps de ancho de banda mientras que un enlace inalámbrico con la tecnología actual proveerá comunicación considerablemente buena de hasta 54 Mbps evitando todos los trámites engorrosos que conlleva el cablear a través de calles, uso de postes y gastos en obra civil, únicamente será necesario invertir en infraestructura para la instalación de las antenas.

### **5.3. Pasos y propuesta de implementación de enlaces inalámbricos en una red empresarial con soporte para voz sobre IP**

Las redes empresariales crecen cada vez más y necesitan estar comunicadas todo el tiempo, los administradores deberán sacar el máximo provecho a las soluciones de telefonía IP y las nuevas tecnologías de redes híbridas con soluciones cableadas dentro de la central y soluciones inalámbricas para comunicar fácilmente las sedes remotas.

A continuación se describen los pasos para la implementación de enlaces *Ethernet* inalámbricos para transferencia de datos y de voz:

- La tecnología para comunicaciones de voz deberá ser totalmente IP o una combinación de telefonía IP y telefonía tradicional. Si las comunicaciones son una combinación de telefonía tradicional e IP se debe considerar un Media Gateway de VoIP el cual se encargará de convertir la señales de teléfonos análogos y de multi-línea de señales digitales a señales que se puedan transportar por la red IP.
- La empresa deberá tomar en cuenta la cantidad de sucursales que desea comunicar hacia la central por medio de enlaces inalámbricos. Estas sucursales deberán ser vistas como enlaces punto a punto es decir de manera individual.
- Los enlaces propuestos tipo *Ethernet* poseen un alcance máximo de 10 kms y de igual forma necesitan de línea vista es decir que no existan obstáculos entre ambos puntos a conectar, como por ejemplo cerros o montañas, arboledas o edificios altos.
- En los sitios a instalar las antenas deben montarse posteados o torres metálicas que soporten los equipos de transmisión y que al mismo tiempo brinden estabilidad y rigidez, evitando que los equipos se muevan. Se debe proveer de protección contra sobre cargas o descargas electro atmosféricas a través de una buena conexión a tierra física y de pararrayos.
- La instalación de las antenas es necesario realizarla durante el día, deberá haber buenas condiciones de clima ya que el instalador no puede

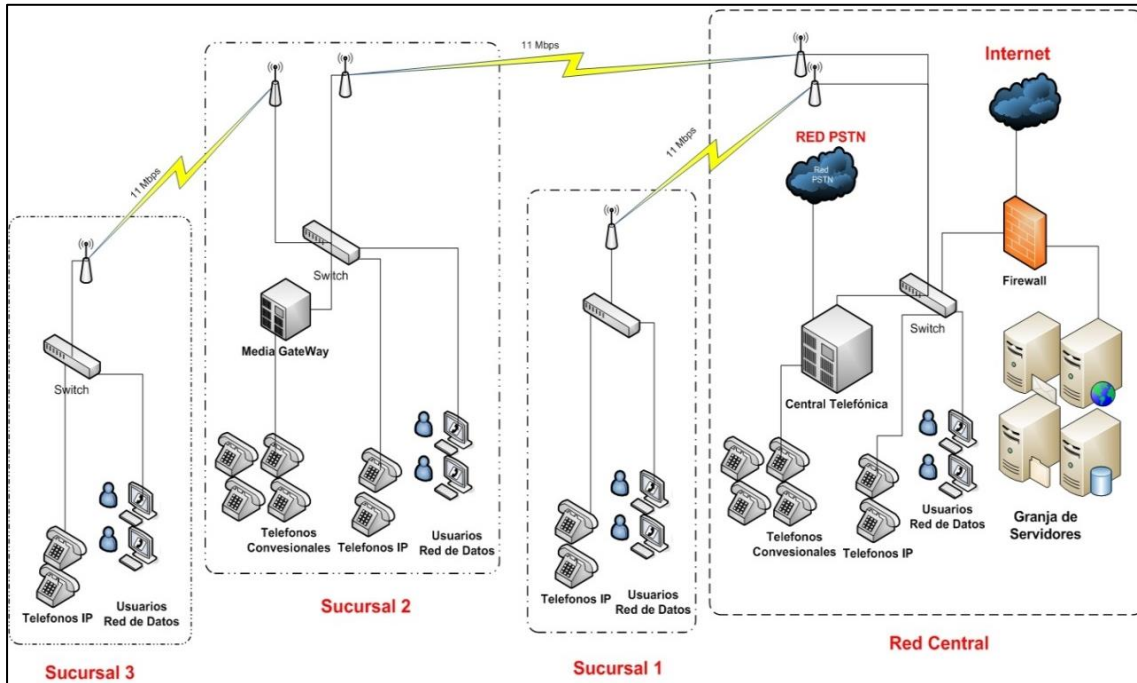
exponerse a descargas electro atmosféricas o caídas ocasionadas por estructuras resbalosas y mojadas.

- Las antenas *Ethernet* WORP tienen la capacidad de rutear paquetes IP, por lo que es posible configurar diferentes segmentos de red entre las sucursales y la central, esto brinda mejor administración y reducción de *broadcast* hacia la central telefónica o Gateway VoIP. La seguridad en las comunicaciones también puede aplicarse utilizando encriptación AES a través de MD5.
- La calidad de servicio en las transmisiones también se puede garantizar ya que las antenas son capaces de procesar los paquetes que vengan marcados a nivel de capa 2 o capa 3. Para que las antenas puedan procesar esta información, la central telefónica o Gateway de VoIP debe priorizar los paquetes IP.

La conexión de cada sucursal puede realizarse utilizando enlaces inalámbricos *Ethernet* WORP de punto a punto ya que de esta manera es posible crecer paso a paso y conforme sea necesario. La ventaja que provee este tipo de enlaces es que utiliza el protocolo para redes inalámbricas 802.11a con frecuencias ubicadas en el rango público que no requiere gestión de licencias para que sea posible utilizarlas.

A continuación se muestra un diagrama de conexión en el cuál se propone una conexión en la cual existen dos sucursales directamente conectadas a la central y una tercera conectada indirectamente a la central, es decir, antes de establecer comunicación a la central debe pasar por una de las sucursales.

Figura 11. Propuesta de implementación



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

#### 5.4. Mantenimiento y supervisión de la solución

La implementación de este tipo de soluciones requiere de mantenimiento y supervisión constante, las cuales pueden simplificarse utilizando una serie de herramientas de administración de red que gestionan todos los dispositivos incluyendo los de comunicación IP. Estas herramientas deben brindar a los administradores IT la capacidad de monitorear toda la actividad de la red, configurarlos y solucionar problemas localmente o a distancia, todo desde una plataforma común.



Las herramientas de gestión y administración deben centralizar todos los servicios, brindar estadísticas de funcionamiento y errores, gestionar todos los dispositivos de la red además de proporcionar acceso a varios usuarios locales y en redes remotas.

Como parte fundamental en el funcionamiento correcto de todo el *hardware* que compone este tipo de soluciones se encuentra también el mantenimiento físico, el cual debe realizarse periódicamente o en lapsos promedio de 6 meses. Dado que las antenas se instalan en torres ubicadas en el exterior de las instalaciones, estas quedan expuestas a las inclemencias del tiempo, sol, frío o lluvias intensas. Normalmente estos equipos incorporan tapas con sellos hule para impermeabilizar las uniones de la armazón como también en los puntos de conexión, estos deben verificarse también cada 6 meses ya que los cambios de temperatura pueden afectar directamente los sellos de hule.

En conjunto esta solución debidamente supervisada y administrada puede representar beneficios económicos a los empresarios, como un retorno de inversión bien proyectado, ahorros mensuales en los servicios y las comunicaciones además de optimización en la utilización de los recursos disponibles.



## **6. ASPECTOS ECONÓMICOS Y MERCADOLÓGICOS QUE IMPULSAN LA UTILIZACIÓN DE ENLACES INALÁMBRICOS EN REDES EMPRESARIALES CON SOPORTE PARA VOZ SOBRE IP**

### **6.1. Análisis del mercado de servicios de comunicación inalámbrica**

Actualmente no importa cuál sea el sector en el que las empresas desarrollen sus actividades, es innegable que su principal herramienta de comunicación sigue siendo y será por un largo tiempo, el teléfono. Básicamente se establece como el medio utilizado para comunicarse directamente con los clientes o cualquier otra persona interna o externa.

Las tecnologías convergentes de comunicación han impulsado la telefonía IP hacia tecnologías cada vez más innovadoras, han mejorado y agilizado los procesos empresariales, brindan más y mejores servicios a los clientes y reducen los costos en comparación con la utilización de líneas convencionales o de tipo TDM.

Una clara implementación es llevar la telefonía IP cada vez más lejos, ubicándola en las sucursales y oficinas remotas, utilizando enlaces para transportar datos junto a la voz sobre IP o VoIP, reduciendo aún más los costos de comunicación, proveyendo a los empleados acceso desde su computadora personal a los servicios de la empresa, a información vital y a servicios de comunicación unificada, aumentando la eficacia y productividad de los empleados ya que combinan telefonía a nivel empresarial, correo electrónico, archivos, carpetas, audio conferencias, video conferencias y hasta navegación a través de internet.

El aprovechamiento de estas eficiencias de comunicación proporciona los siguientes beneficios:

- Mejora de la productividad ya que los empleados podrán gestionar múltiples dispositivos y cientos de comunicaciones al día (llamadas, email, mensajería vocal, faxes, SMS, IM, entre otros) lo que hace las tareas diarias más fáciles.
- Reducción de costes, la minimización de los costes será siempre un reto empresarial. Las comunicaciones unificadas ayudan a reducir los costes de operación, como: reducción de tiempo de ejecución, accesibilidad de los empleados a los servicios desde cualquier dispositivo, capacidades de enrutamiento e información de presencia.

Un servicio que es relevante en muchos entornos empresariales, es el de la movilidad para los empleados por medio de wifi. Los teléfonos móviles IP permiten a las empresas aprovechar una infraestructura de voz y datos convergente para mejorar de manera importante la movilidad, la capacidad de respuesta y la productividad de los empleados.

Los teléfonos inalámbricos IP aportan una multitud de funciones y se diseñan para soportar una amplia gama de aplicaciones empresariales.

Algunos beneficios que pueden obtener las empresas que utilizan los servicios de voz sobre IP por wifi son:

- Beneficios por ahorro de tiempo en las aplicaciones de voz y datos.
- Servicios telefónicos como visualización del nombre del llamante si este figura en el directorio.

- Movilidad en áreas donde la empresa garantice cobertura wifi.
- Excelente calidad de voz en todo el lugar de trabajo.

La mayoría de teléfonos inalámbricos IP se actualizan por medio de un cliente TFTP integrado, por tanto los teléfonos se pueden actualizar con nuevos protocolos, funciones y capacidades inmediatamente al estar disponibles. Basados en estándares globales para LAN inalámbricos, los teléfonos inalámbricos simplifican la infraestructura de red al permitir un tráfico combinado de voz y datos sobre una red inalámbrica común.

La interconexión de la oficina central con los sitios remotos a través de enlaces punto a punto del tipo inalámbrico, trae consigo más beneficios cuando se habla de optimizar los recursos de una empresa al máximo posible.

En apariencia la inversión requerida para la implementación de enlaces punto a punto *Ethernet* del tipo inalámbrico, es mucho más elevada en comparación con una solución “llave en mano”, como la que brindan los proveedores de enlaces punto a punto de datos o de internet cableado, debido a que estos proveedores poseen ya una red de equipos y cableados de los cuales derivan los servicios a los clientes con diferentes anchos de bandas a cambio de una cuota mensual, aunque como se podrá observar, a pesar de la inversión que se requiere para implementar un enlace tipo inalámbrico resulta más benéfica su implementación técnica como económica.

## **6.2. Políticas definidas para la implementación de enlaces inalámbricos en Guatemala**

Se establecerán las características tecnológicas que se han definido como estándar para la implementación de la tecnología de voz sobre el protocolo IP y

los enlaces inalámbricos tipo *Ethernet*. Cabe anotar que a la fecha se siguen evaluando y considerando las diversas opciones tecnológicas para realizar una implementación con mayor eficiencia de esta tecnología.

En cuanto a poder transportar la voz humana desde un punto a otro a través de medios *Ethernet* e IP, existen estándares para poder transformar la voz humana (considerada en este caso como una fuente análoga) a señales eléctricas o digitales, para poder ser encapsulada y manejada por las redes actuales de datos; esta conversión se puede realizar directamente desde un teléfono IP (físico o *softphones*) o bien a través de un teléfono análogo conectado a un Gateway, los cuales se encargarán de convertir la voz análoga en paquetes de Ip que serán transportados luego a través de los enlaces inalámbricos.

Para poder realizar la conversión de la voz se utilizan Códec (Codificador-Decodificador) estandarizados por la ITU-T para la compresión de audio.

El ancho de banda disponible en un enlace punto a punto es un factor importante al momento de elegir el Códec a utilizar en las comunicaciones de VoIP, el más común y disponible en todos los equipo de voz sobre IP es el G.711 ( $\mu$ -law), este códec comprime el audio hasta un total de 64 kbit/s con el que se puede obtener una muy buena calidad pero un consumo elevado del ancho de banda disponible, bajo las condiciones actuales se recomienda utilizar G.729 el cuál puede comprimir la voz a valores de 8 kbit/s brindando una mejor utilización del enlace y una calidad de audio considerablemente buena.

Cuando se extiende la comunicación a sitios remotos y se tiene pensado utilizar enlaces de tipo inalámbrico debe tomarse en cuenta que será necesario

hacer uso del espacio aéreo o la ocupación de cierta parte del espectro radioeléctrico para poder transmitir de un punto a otro.

Los enlaces inalámbricos tipo *Ethernet* propuestos para una implementación de este tipo son de Marca: PROXIM, serie: Tsunami QuickBridge Modelo: 5054-R-LR, que opera en el estándar IEEE 802.11a en el rango de frecuencias de 5,15 hasta los 6,08 GHz.

El ente regulador del espectro radioeléctrico en Guatemala es La Superintendencia de Telecomunicaciones (SIT), la cual establece las frecuencias son de uso comercial y aficionado, y define si deberá pagarse o no, un derecho de transmisión o utilización de dichas bandas.

Tabla III. **Segmento de la tabla nacional de asignación de frecuencias**

5.0	5.01	5.03	5.15	5.25	5.255	5.35	5.46	5.47	5.67	5.65	5.725	5.830	5.850	5.925
			RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE			RADIONAVEGACIÓN	RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA			RADIOLOCALIZACIÓN			
Móvil aeronáutico por satélite				RADIOLOCALIZACIÓN		INVESTIGACIÓN ESPACIAL	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE	MÓVIL salvo móvil aeronáutico						FIJO SATE
RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE		MÓVIL AERONÁUTICO POR SATÉLITE	FIJO POR SATÉLITE	INVESTIGACIÓN ESPACIAL		RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA	INVESTIGACIÓN ESPACIAL	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE	RADIOLOCALIZACIÓN	Aficionados				MÓVIL
		MÓVIL salvo móvil aeronáutico				RADIOLOCALIZACIÓN	INVESTIGACIÓN ESPACIAL			Investigación espacial		Aficionados por Satélite		Aficionados
								*					*	
											RR \$ 5.150			

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones. *Tabla nacional de asignación de frecuencias*. p. 25.

Como puede apreciarse en el segmento de la tabla nacional de asignación de frecuencias en Guatemala, la banda de 5,65 hasta 5,850 GHz, comprende el rango de aficionados en el cuál no se necesita obtener derechos de usufructo.

Desde el punto de vista de la configuración de las antenas Proxim, su tabla de asignación de canal de transmisión y al establecer el enlace punto a punto utilizando 20 MHz de frecuencia central entre canales, están disponibles los canales 149, 153, 157, 161, 165, para poder implementar o conectar 6 sitios remotos a la central de operaciones.

**Tabla IV. Segmento de canales y códigos aplicables a Proxim**

Country Codes and Channels  
5 GHz Channels/Frequencies by Country

QB.11-R Installation and Management

Country (Code)	Frequency Bands	DFS	Allowed Channels (Center Freq)		
			20 MHz	10 MHz	5 MHz
Guatemala (GT)	5.25 - 5.35 GHz and 5.725 - 5.85 GHz	No	56 (5280), 60 (5300), 64 (5320), 149 (5745), 153 (5765), 157 (5785), 161 (5805), 165 (5825)	54 (5270), 56 (5280), 58 (5290), 60 (5300), 62 (5310), 64 (5320), 66 (5330), 147 (5735), 149 (5745), 151 (5755), 153 (5765), 155 (5775), 157 (5785), 159 (5795), 161 (5805), 163 (5815), 165 (5825), 167 (5835)	53 (5265), 54 (5270), 55 (5275), 56 (5280), 57 (5285), 58 (5290), 59 (5295), 60 (5300), 61 (5305), 62 (5310), 63 (5315), 64 (5320), 65 (5325), 66 (5330), 67 (5335), 147 (5735), 148 (5740), 149 (5745), 150 (5750), 151 (5755), 152 (5760), 153 (5765), 154 (5770), 155 (5775), 156 (5780), 157 (5785), 158 (5790), 159 (5795), 160 (5800), 161 (5805), 162 (5810), 163 (5815), 164 (5820), 165 (5825), 166 (5830), 167 (5835)
Hong Kong (HK)	5.725 - 5.85 GHz	No	149 (5745), 153 (5765), 157 (5785), 161 (5805), 165 (5825)	147 (5735), 149 (5745), 151 (5755), 153 (5765), 155 (5775), 157 (5785), 159 (5795), 161 (5805), 163 (5815), 165 (5825), 167 (5835)	147 (5735), 148 (5740), 149 (5745), 150 (5750), 151 (5755), 152 (5760), 153 (5765), 154 (5770), 155 (5775), 156 (5780), 157 (5785), 158 (5790), 159 (5795), 160 (5800), 161 (5805), 162 (5810), 163 (5815), 164 (5820), 165 (5825), 166 (5830), 167 (5835)

Fuente: Proxim wireless. *Manual de instalación y administración Tsunami QuickBridge.11*. p. 165.

Al disponer de esta configuración preestablecida por el fabricante de las antenas es posible conectar sitios remotos tipo *Ethernet* inalámbrico basándose



en el estándar de la IEEE 802.11a sin incurrir en faltas a la ley guatemalteca y manteniendo una relación costo-beneficio.

### **6.3. Análisis del retorno de inversión a la propuesta y diseño de implementación de enlaces *Ethernet Worp* con soporte para voz sobre IP**

Como beneficio agregado de la implementación de servicios de comunicación en las sucursales o empresas remotas, la telefonía IP cobra más y más importancia, demandando mejores condiciones en los enlaces de datos que garanticen una comunicación rápida y efectiva.

Para realizar el análisis de retorno de inversión se utilizará el esquema propuesto en la capítulo 5, sección 3, figura 21, en el cuál serán remplazados los enlaces inalámbricos por enlaces de datos que instalaría un proveedor de servicios de datos e internet, este escenario será identificado como “Escenario A” y representará las condiciones por las que comunicarían la Central y todas sus sucursales. El “Escenario B” representará el esquema propuesto en la figura 21, el cual posee enlaces inalámbricos *Ethernet Worp* que brindarán soporte de voz sobre IP.

A continuación se describen ambos escenarios y se realiza el análisis económico.

#### Escenario A. Enlaces de un proveedor de servicios de datos e internet

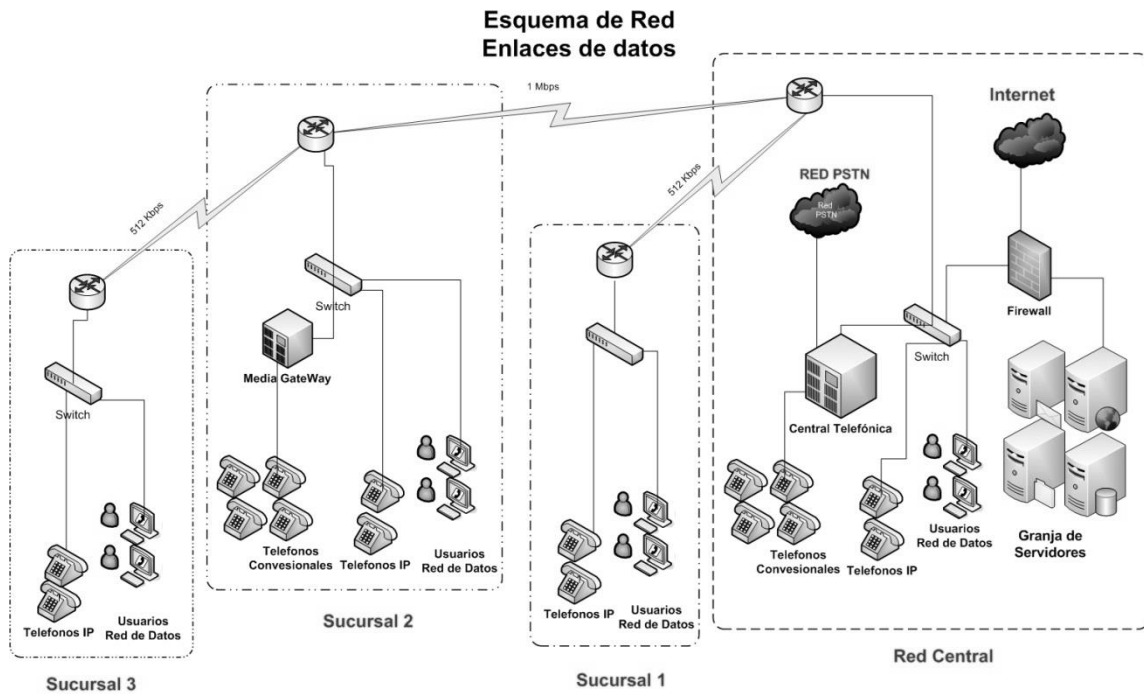
La sucursal 1 se encontrará directamente conectada a la central por lo que se estima que para conectarse a la granja de servidores y soportar hasta 3

llamadas simultáneas de voz sobre IP requerirá un enlace de datos de 512 kbps.

La sucursal 2 se encuentra directamente conectada a la central accediendo a los mismos servicios que la sucursal 1, aunque su diferencia radica en ser la encargada de enviar y recibir información entre la Central y la sucursal 3 por que requerirá un enlace de 1 Mbps.

La sucursal 3 se encuentra directamente conectada a la sucursal 2 a través de cual accede a la granja de servidores y la central telefónica utilizando un enlace de datos de 512 kbps.

Figura 12. Propuesta de implementación escenario A



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

En esta solución no se tomará en cuenta los costos por mantenimiento, soporte e instalación debido a que será el proveedor de servicios de datos e internet quien los absorberá puesto que cobrará una cuota mensual por cada enlace instalado.

En la tabla VI se describe los precios aproximados para los enlaces de datos que se requieren para implementar esta solución.

Tabla V. **Datos aproximados de enlaces de datos**

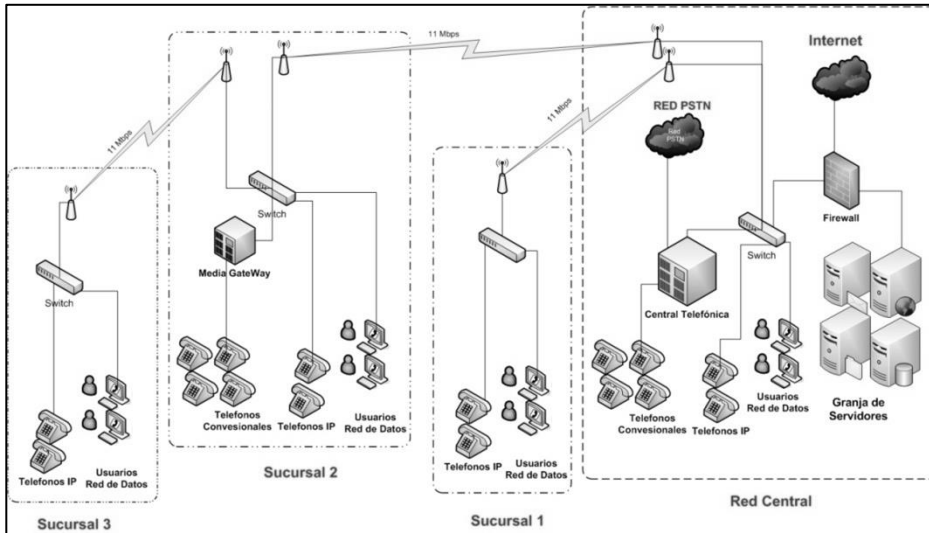
<b>SERVICIO DE DATOS</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>CANTIDAD DE ENLACES</b>	<b>SUB-TOTAL MENSUAL</b>	<b>PAGO ANUAL ENLACES</b>
512 KBPS	Q2 000,00	2	Q4 000,00	Q48 000,00
1 MBPS	Q2 600,00	1	Q2 600,00	Q31 200,00
TOTAL MENSUAL			Q6 600,00	
TOTAL ANUAL				Q79 200,00

Fuente: elaboración propia.

Escenario B. Enlaces inalámbricos *Ethernet Worp* que brinden soporte para voz sobre IP.

En este escenario se remplazan los enlaces de datos del proveedor de servicios de datos e internet utilizados en el escenario A, por enlaces inalámbricos direccionales punto a punto, con la capacidad de alcanzar distancias aproximadas a los 10 km en línea de vista y un ancho de banda de 11 Mbps. Se considerarán 5 años de vida útil para estos equipos.

Figura 13. Propuesta de implementación, escenario B



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

Los costos por configuración todos los parámetros, dirección IP, protocolos de ruteo y frecuencia de operación se incluyen dentro de los costos por instalación puesto que estos se realizan una sola vez.

Puesto que estos equipos vienen preparados para su instalación en exteriores los costos por mantenimiento son bajos e incluyen, limpieza, chequeo general y cambios en la configuración que pudiesen surgir con el tiempo. No se incluyen costos por administración de los equipos ya que de requerirse podría realizarlos un encargado del departamento de tecnología e informática, por ejemplo: monitoreo y cambio de la frecuencia de transmisión.

En la tabla siguiente se describe los costos aproximados del equipo, instalación y mantenimiento requerido para implementar esta solución.

Tabla VI. **Costos aproximados de enlaces inalámbricos *Ethernet Worp* con soporte para voz sobre IP**

Recursos necesarios para realizar la instalación de cada Sucursal hacia la Central	Precio	Cantidad	Inversión inicial Q
Par de antenas y accesorios	Q22 800,00	3	Q68 400,00
Poste metálico	Q5 600,00	4	Q22 400,00
Cable acerado (como tensor)	Q4 000,00	4	Q16 000,00
Accesorios (Abrazaderas, tornillos, entre otros)	Q 800,00	4	Q3 200,00
Instalación de poste metálico, tensores y accesorios (uno por sucursal)	Q4 000,00	4	Q16 000,00
Instalación y configuración de Juego de antenas	Q6 000,00	3	Q18 000,00
Total inversión inicial			Q144 000,00

Servicios anual de mantenimiento (visitas semestrales)	Q4 000,00	3	Q12 000,00
--	-----------	---	------------

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Evaluación del proyecto**

	Valores Anuales
<b><u>Escenario A:</u></b>	
Pagos mensuales de Q 4 400,00	Q 79 200,00
<b><u>Escenario B:</u></b>	
Criterios:	
Costo de oportunidad: Tasa promedio bancario en Q:	8,00 %
Inversión inicial	Q 144 000,00
Costo de mantenimiento	Q 12 000,00
Beneficio por falta de pago de opción A	Q 79 200,00

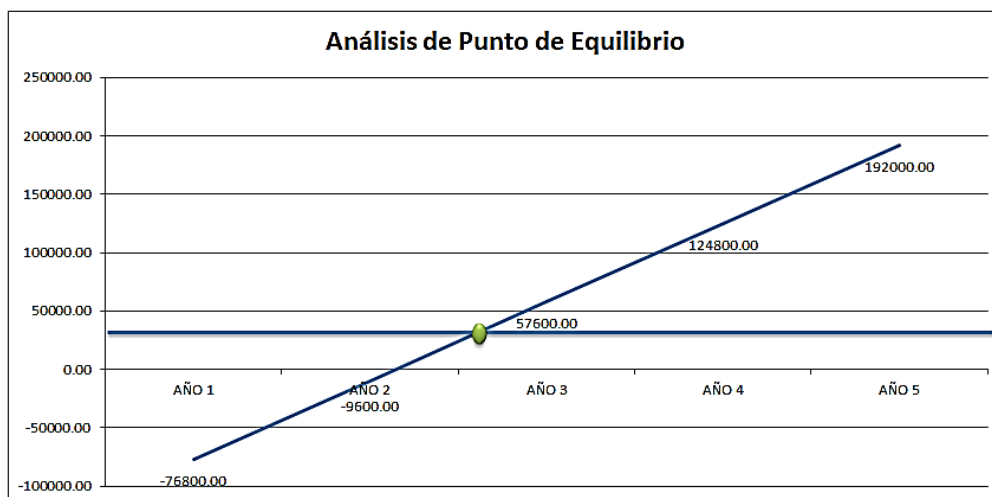
Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Cálculo del retorno de inversión**

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversión Inicial	Q144 000,00				
Mantenimiento	Q12 000,00	Q12 000,00	Q12 000,00	Q12 000,00	Q12 000,00
Beneficio por falta de pago de Escenario A	Q79 200,00	Q79 200,00	Q79 200,00	Q79 200,00	Q79 200,00
Subtotal	Q67 200,00	Q67 200,00	Q67 200,00	Q67 200,00	Q67 200,00
<b>Flujos finales</b>	<b>-Q76 800,00</b>	<b>Q67 200,00</b>	<b>Q67 200,00</b>	<b>Q67 200,00</b>	<b>Q67 200,00</b>
<b>Flujos acumulados</b>	<b>-Q76 800,00</b>	<b>-Q9 600,00</b>	<b>Q57 600,00</b>	<b>Q124 800,00</b>	<b>Q192 000,00</b>
Valor Actual Neto	Q124 310,11				
<b>TIR</b>	<b>37 %</b>				

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Análisis del punto de equilibrio**



Fuente: elaboración propia.

Se puede concluir que la implementación de enlaces inalámbricos *Ethernet Worp* con soporte para voz sobre IP es económicamente viable, puesto que la tasa interna de retorno (TIR) es alta; la inversión inicial se recuperará aproximadamente en dos años y dos meses, lo que proporcionará casi tres años (resto de la vida útil estimada) en los que el capital se incrementará mucho más que si se hubiese puesto a renta fija en alguna financiera y por último es técnicamente más viable puesto que brinda entre 1 000 y 2 000 % más ancho de banda de punto a punto, mantenimiento mínimo y toda una infraestructura propia.





## CONCLUSIONES

1. La necesidad de comunicarse ha generado un constante desarrollo en las telecomunicaciones, lo que impulsó a la mente humana a crear redes que pudiera llevar información de un punto a otro.
2. Lo dificultad de conectar lugares de difícil acceso o separados por distancias mayores a las soportadas por las redes cableadas, impulsa día a día a la creación de tecnologías que transmitan información a través del aire de manera eficiente y segura.
3. El desarrollo de tecnologías para transportar la voz humana de un punto a otro a través de las redes IP, ha reducido de manera significativa para las empresas y usuarios finales los costos que los sistemas de voz tradicional requieren.
4. Actualmente ha surgido una gran variedad de soluciones para telefonía IP, sin embargo, quedará a discreción de las empresas la elección de la que mejor se adecue a sus funcionalidades y necesidades.
5. El análisis económico para la implementación de nuevas soluciones tecnológicas que proponen cambios importantes en los sistemas de telecomunicaciones, deberá basarse en el entorno tecnológico de la empresa, la factibilidad de implementación de enlaces inalámbricos que brinden soporte para voz sobre IP y la rentabilidad que estos provean.

6. Las empresas que mayor provecho obtendrían utilizando enlaces inalámbricos que soporten voz sobre IP pueden ser los Centros de Contacto o *Call centers*, empresas de servicios y empresas que comercializan productos varios y que poseen tiendas de distribución en diferentes puntos de una ciudad.

## RECOMENDACIONES

1. Antes de implementar una solución de enlaces inalámbricos que brinden soporte para voz sobre IP, es necesario y fundamental cerciorarse que los equipos que componen el sistema de telefonía sean compatibles con redes IP.
2. En importante la elección de un método seguro de encriptación, ya que la mayor capacidad de ancho de banda que estos enlaces brindan permite a las empresas utilizarlos para transferir además de voz sobre IP, correo electrónico, bases de datos y documentos que contienen información vital.
3. Ya que la inversión inicial que requiere la implementación de este tipo solución es alta en comparación con la contratación de un servicio de datos a un proveedor de enlaces de datos e internet, debe tomarse en cuenta también aquellos servicios que harán uso del enlace y que incrementarán la eficiencia del negocio.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Cisco Networking. Academy, *CCNA Exploration 4.0, Aspectos básicos de networking*. EE.UU: Cisco NewtonAcademy, 2008.
2. \_\_\_\_\_. *CCNA Exploration 4.0, Diseño de LAN*. England: Cisco Networking Academy. 2008.
3. ALCATEL-LUCENT. *Manual Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise Communication Server*. 2008. 700. p.
4. \_\_\_\_\_. *Manual VoIP Network Compliance Assessment*. Vol. Fundamental Training. 191 p.
5. AVAYA. *First step*. [en línea] Avaya, [Referencia: 2008]. Disponible. <<http://www.avaya.es/gcm/emea/es/tasks/learn/facts/iptelephony/qa2/firststep.htm>>.
6. \_\_\_\_\_. 2008. *IP Telephony*. [en línea] Disponible en: <<http://www.avaya.es/gcm/emea/es/tasks/learn/facts/iptelephony/qa1/iptelephony.htm>>.
7. \_\_\_\_\_. 2005. *Manual "Voice over IP"*. Gran Bretaña: Director Publications, 2005.

8. \_\_\_\_\_. *Top IP*. [en línea] Avaya, 2008. <<http://www.avaya.es/gcm/emea/es/tasks/learn/facts/iptelephony/qa7/top.htm>>.
9. Davidson, Jonathan. *Voice over IP fundamentals*. [ed.] Cisco Press.. 2000. 240 p.
10. Heywood, Drew. 1999. *Redes con Microsoft TCP/IP*. 3era. Edición. Madrid: Prentice Hall, 1999. 826 p.
11. *What is VoIP*. [en línea] <<http://www.voip-info.org/wiki/view/What+is+VOIP>>. [Consulta: 15 de febrero de 2010].
12. ITU. 2003. *Norma H.225. Protocolos de señalización de llamada y paquetización de trenes de medios para sistemas de comunicación multimedios por paquetes*. 2003.
13. \_\_\_\_\_. 2001. *Norma H.245 Protocolo de control para comunicación multimedios*. 2001.
14. \_\_\_\_\_. 2006. *Norma H.323 Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes*. 2006.
15. \_\_\_\_\_. 1998. *Norma Q.931 Especificación de la capa 3 de la interfaz usuario-red de la red digital de servicios integrados para el control de la llamada básica*. 1998.

16. \_\_\_\_\_. 1998. *Norma Q.931, Especificación de la capa 3 de la interfaz usuario-red de la red digital de servicios integrados para el control de la llamada básica*. 1998. 351 p.
17. SYSTEM, CISCO. 2000. *Manual Cisco IP Telephony Network Design Guide*. England: Cisco Sistem Inc, 2000. 152 p.
18. Tanenbaum, Andrew S. *Redes de computadoras*. 4a. ed. México: Prentice Hall, 2003. 420 p.
19. Verizon. *Verizon Business Connection*. [en línea] <[http://www.verizonenterprise.com/resources/factsheets/fs\\_verizon-business-connection\\_en\\_xg.pdf](http://www.verizonenterprise.com/resources/factsheets/fs_verizon-business-connection_en_xg.pdf)>. [Consulta: 26 de febrero de 2015].
20. Wireless, Proxim. 2006. *Installation and Management*. [en línea] <[http://proximtechnicalservice.com/support/tsunami/qb11/v25/QB.11\\_InstallManage\\_v2.5.pdf](http://proximtechnicalservice.com/support/tsunami/qb11/v25/QB.11_InstallManage_v2.5.pdf)>. [Consulta: 10 marzo de 2010].
21. \_\_\_\_\_. 2012. *Technology Overview. Wireless Outdoor Router Protocol (WORP)*. [Referencia: 2012].

