



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

**DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA  
FIJA VOIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

**Marco Vinicio Soto Cortez**

Asesorado por el Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA  
FIJA VOIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARCO VINICIO SOTO CORTEZ**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS EDUARDO GUZMÁN SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

### **DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VOIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 30 de agosto de 2012.



**Marco Vinicio Soto Cortez**

Guatemala, 13 de junio de 2013

Señor  
Coordinador de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Coordinador:

Por este medio hago de su conocimiento que he terminado la revisión del trabajo de graduación del estudiante Marco Vinicio Soto Cortez, titulado **DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VoIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**, para el que fui nombrado ASESOR por la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Dando la aprobación al mismo pues ha cumplido con lo propuesto en los objetivos que se fijaron. Tanto el autor como mi persona somos responsables del contenido del presente trabajo.

Por lo que, atentamente pido a usted continuar con el trámite que corresponda según la normativa de la Universidad de San Carlos.

Reciba un cordial saludo,



Carlos Guzmán Salazar  
ASESOR NOMBRADO

**CARLOS GUZMAN SALAZAR**  
Ingeniero Electricista  
Col. No. 2762



Ref. EIME 51.2013  
Guatemala, 18 de JUNIO 2013.

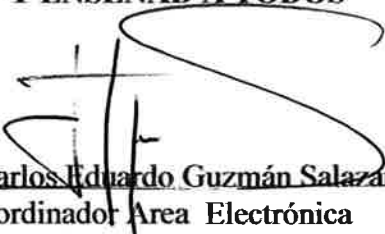
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
“DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VoIP  
EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS”, del estudiante  
Marco Vinicio Soto Cortez que cumple con los requisitos establecidos  
para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



SFO



REF. EIME 51. 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; MARCO VINICIO SOTO CORTEZ titulado: “DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VoIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS”. procede a la autorización del mismo.**

  
**Ing. Guillermo Antonio Puente Romero**



**GUATEMALA, 26 DE JULIO 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: **DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VOIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**, presentado por el estudiante universitario: **Marco Vinicio Soto Cortez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, octubre de 2013



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida y ser el que permitió todo esto.
<b>María Auxiliadora y Don Bosco</b>	Por ser los guías de mi vida.
<b>Mi familia</b>	Por su constante e incondicional apoyo.
<b>Mis amigos</b>	De quienes recibí su apoyo durante toda la carrera.
<b>Mis profesores</b>	Por haber sido los guías a través de este fantástico mundo que es la ingeniería.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por haberme permitido formar parte de esta gran universidad.

**Escuela Mecánica  
Eléctrica**

Por haberme transmitido todos los conocimientos de esta gran carrera.

**Ing. Carlos Guzmán**

Por su apoyo al haber asesorado este trabajo de graduación.

**Amigos y compañeros  
de proyectos**

A quienes en muchas ocasiones, fue indistinto el día y la noche.

**Mis padres**

Por haber creído en mí y apoyado todos estos años.

**Mi novia**

Por haberme apoyado en todas las circunstancias.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. FUNDAMENTOS PARA LA ENTREGA DE SERVICIOS DE LÍNEAS FIJAS.....	1
1.1. Evolución y desarrollo de las líneas fijas de voz.....	1
1.1.1. El telégrafo.....	1
1.1.2. La evolución del teléfono fijo.....	3
1.1.3. El teléfono automático .....	10
1.1.4. El discado por botones .....	11
1.1.5. Perfeccionamientos posteriores.....	14
1.2. Evolución de las redes de datos.....	16
1.2.1. Historia de las redes de datos .....	16
1.3. Convergencia de las redes de voz y datos .....	20
1.3.1. El facsímil .....	20
1.3.1.1. Evolución del facsímil .....	21
1.3.1.1.1. Transmisión por cable .....	21
1.3.1.1.2. Transmisión inalámbrica.....	22
1.3.1.1.3. Transmisión por tendidos telefónicos .....	23
1.4. Red digital de servicios integrados .....	25
1.4.1. Telefonía y servicios digitales .....	25

1.4.2.	Tecnologías RDSI .....	27
1.4.2.1.	Acceso básico (BRI) .....	27
1.4.2.2.	Acceso primario (PRI) .....	27
2.	MIGRACIÓN DE LA RED DE VOZ DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS .....	29
2.1.	¿Qué es la voz sobre IP? .....	29
2.2.	¿Por qué usar VoIP? .....	30
2.3.	Funcionamiento de VoIP .....	30
2.3.1.	Telefonía IP vs telefonía convencional .....	31
2.3.2.	Comunicación en telefonía IP .....	31
2.3.3.	Precio de la telefonía IP .....	34
2.4.	La conmutación de circuitos hoy en día .....	34
2.4.1.	Los tiempos muertos en las comunicaciones .....	35
2.4.2.	Intercambio de paquetes en la telefonía IP .....	35
2.5.	Tipos de comunicación en la telefonía IP .....	37
2.5.1.	ATA (Analog telephone adaptor) .....	37
2.5.2.	Teléfonos IP .....	38
2.5.3.	Computadora a computadora .....	39
2.5.4.	Ventajas de la telefonía IP .....	39
2.6.	Desventajas de la telefonía IP .....	40
2.7.	Códecs VoIP .....	42
2.7.1.	Funcionamiento de los códec VoIP .....	44
2.8.	Protocolos en la telefonía IP .....	44
2.8.1.	Protocolo H.323 .....	44
2.8.2.	Session initiation protocol .....	47
2.8.2.1.	Beneficios del protocolo SIP .....	49
2.8.2.2.	Arquitectura SIP .....	50
2.9.	Red actual de voz .....	51

2.10.	Razones para migrar la red de voz.....	64
3.	DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VOIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS.....	65
3.1.	Antecedentes.....	65
3.2.	Necesidad insatisfecha y problema por resolver .....	66
3.3.	Localización geográfica .....	67
3.4.	Identificación de los beneficios esperados .....	68
3.5.	Estructuración de la red interna.....	68
3.5.1.	Equipos a utilizar .....	68
3.5.1.1.	IP-PBX.....	69
3.5.1.2.	FMUX .....	72
3.5.1.3.	Fibra óptica.....	75
3.5.1.4.	Interface de convertidor de medios (IMC).....	76
3.5.1.5.	Switch .....	78
3.5.1.6.	Teléfono IP .....	80
3.5.2.	Estructura lógica de la red interna .....	81
3.5.2.1.	Topología primaria.....	82
3.5.2.2.	Topología secundaria .....	83
3.5.2.3.	Ingeniería de la entrega de servicios .....	85
3.5.3.	Estructura física de la red .....	87
	CONCLUSIONES .....	91
	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Telégrafo .....	2
2.	Sistema telegráfico.....	3
3.	Alexander Graham Bell .....	3
4.	Thomas Augustus Watson .....	4
5.	Primera llamada .....	5
6.	Teléfono de Bell .....	6
7.	Antonio Meucci.....	7
8.	Central manual de telefonía .....	10
9.	Mecanismo selector automático de Strowger.....	11
10.	Señales telégrafo óptico.....	17
11.	Logo Arpanet.....	19
12.	Facsímil.....	21
13.	Xerox 8000 .....	24
14.	Esquema RDSI .....	26
15.	Diagrama VoIP.....	29
16.	Conmutación de paquetes .....	36
17.	Adaptador ATA.....	37
18.	Teléfono IP .....	38
19.	Codec G.711 .....	43
20.	Arquitectura SIP .....	50
21.	Trama digital .....	53
22.	Red ISDN .....	54
23.	Arquitectura del protocolo RDSI respecto al modelo OSI.....	56

24.	TID.....	58
25.	Diagrama RDSI.....	62
26.	Modem Aethra AS2033 para Pras .....	64
27.	Planta telefónica VoIP.....	72
28.	<i>Interface Media Converter</i> .....	78
29.	<i>Switch Cisco Catalyst WS-C1900</i> .....	80
30.	Teléfono IP Cisco SPA922 .....	81
31.	Topología de anillo.....	83
32.	Topología de árbol .....	85
33.	Ingeniería de entrega.....	86
34.	Ruta de fibra óptica y localización física de nodos.....	89



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Bps</b>	Bits por segundo
<b>GB</b>	Gigabyte
<b>GHz</b>	Gigahertz
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Kbps</b>	Kilobits por segundo
<b>Mbps</b>	Megabits por segundo
<b>MB</b>	Megabyte
<b>MHz</b>	Megahertz
<b>m</b>	Metro



## GLOSARIO

<b><i>Asterisk</i></b>	Es un programa de software libre (bajo licencia GPL) que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX). Como cualquier PBX, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP o bien a una RDSI, tanto básicos como primarios.
<b>Cable de cobre</b>	Los cables de cobre ha sido el material preferido por las comunicaciones de corta y de larga distancia y han disfrutado de un crecimiento sostenido durante los últimos 50 años.
<b>Calidad de servicio</b>	Se refiere a la capacidad de determinadas redes y servicios para admitir que se fijen de antemano las condiciones en que se desarrollarán las comunicaciones (dedicación de recursos, capacidades de transmisión, etc.).
<b><i>Cisco Systems</i></b>	Es una empresa multinacional con sede en San José California, Estados Unidos, principalmente dedicada a la fabricación, venta, mantenimiento y consultoría de equipos de telecomunicaciones.

<b>Fibra óptica</b>	Es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.
<b>MPLS</b>	Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.
<b>NGN</b>	Es un amplio término que se refiere a la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico, con el objetivo de lograr la convergencia de los nuevos servicios multimedia (voz, datos y vídeo) a partir del protocolo IP.
<b>POT</b>	Se refiere al servicio de línea telefonía convencional fija, la cual se encarga de transportar voz en tiempo real.
<b>Protocolo IP</b>	Es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la capa de red según el modelo internacional OSI; su función principal es el uso bidireccional en origen o destino de comunicación, para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión, que transfiere

paquetes conmutados a través de distintas redes físicas previamente enlazadas según la norma OSI de enlace de datos.

**Red Anillo**

Es una topología de red en la que cada estación está conectada a la siguiente, y la última está conectada a la primera. Cada estación tiene un receptor y un transmisor que hace la función de repetidor, pasando la señal a la siguiente estación.

**SIP**

Es un protocolo desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC del IETF, con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario, donde intervienen elementos multimedia como el vídeo, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

**VoIP**

Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de internet, empleando un protocolo IP (protocolo de internet).



## RESUMEN

La convergencia de los servicios telefónicos en las redes de datos está marcando el inicio de la unificación de los principales servicios de una empresa en una sola red y la facilidad para el operario de manejar todos sus recursos desde su terminal de computadora.

Transmitir la voz sobre una red de paquetes IP unificada, es la clave para la convergencia de datos y telefonía. Actualmente voz y datos generalmente corren sobre estructuras separadas. El manejar estos dos métodos de comunicación sobre un solo medio, les permitirá a los usuarios obtener comunicaciones de una manera natural y sencilla.

Lo que permite el manejo de la tecnología es la penetrante y amplia expansión de las redes IP en las redes de área local (LAN) y las redes de área amplia (WAN). Una vez comprendido el nuevo rumbo de las comunicaciones de voz, se puede hablar de la importancia que tiene el estar preparado para esta nueva tecnología, que ya es una realidad en todo el mundo.

Este proyecto de investigación busca entregar las herramientas necesarias para implementar la voz sobre IP en las redes de datos existentes, utilizando las redes telefónicas actuales.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Establecer las bases para la migración de las líneas de telefonía fija de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de análogas a digital, utilizando la tecnología VoIP.

### **Específicos**

1. Desarrollar una estructura física de la cual se pueda utilizar la red existente.
2. Desarrollar una red de telefonía fija propia de la Universidad de San Carlos que involucre a todas las áreas.
3. Minimizar los costos de los servicios de voz para que la Universidad de San Carlos de Guatemala tenga ahorro de este servicio.
4. Proponer que la red sea manejada por estudiantes y produzca fuentes de empleo.
5. Innovar y cambiar los equipos obsoletos de cada área para mejorar la calidad en la comunicación.
6. Utilizar las bases para la migración para prácticas de los cursos de “Telecomunicaciones y redes locales” y “Comunicaciones 3”.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha desarrollado la tecnología que es capaz de transportar la voz a través de la red mundial o internet, para lo cual ha proporcionado diversas soluciones tanto para empresas, instituciones o personas individuales.

En el primer capítulo se describe cómo fueron los inicios de la telefonía fija y la discusión sobre quién fue el verdadero inventor; luego se describe cómo a través del tiempo fue evolucionando. También se describe cómo se iniciaron las redes de datos y sus orígenes de propósito militar; pero cómo al pasar de los años se convirtió en algo tan indispensable para cualquier persona y la evolución de estas, hasta convertirse en un servicio global; también se describe cómo se realizó la convergencia de la red de voz y la red de datos en una misma red.

En el segundo capítulo se describe a detalle la tecnología VoIP, sus ventajas y desventajas, sus beneficios, funcionamiento, protocolos y equipos necesarios. También se describe el servicio que actualmente posee la Universidad de San Carlos de Guatemala, lo que se conoce con PBX o E-1 de voz, sus características, funcionamiento, configuración de tramas y una reseña de por qué el servicio actual debe ser migrado al que este documento propone.

En el tercer capítulo se presenta la estructuración del proyecto, los equipos y la topología que se debe utilizar, la ruta de fibra óptica y la configuración lógica de la red, resaltando que ambas redes, tanto la de voz

como la de datos, serán solo una; se dan recomendaciones de ancho de banda para los servicios a contratar y las sesiones necesarias para cubrir la demanda.

# **1. FUNDAMENTOS PARA LA ENTREGA DE SERVICIOS DE LÍNEAS FIJAS**

## **1.1. Evolución y desarrollo de las líneas fijas de voz**

Qué difícil imaginar hoy el mundo sin teléfonos. Para la mayoría es algo tan natural como la luz eléctrica, o el automóvil. Pero no siempre existió el teléfono; en realidad la interesante historia de este aparato, que cambió el modo de comunicarse de la gente, comenzó hace ya cerca de 120 años.

Como la mayoría de los inventos, este también fue un proceso de desarrollo de pasos anteriores. Es decir, gracias a los descubrimientos e inventos en el campo de la física, la electricidad y el magnetismo, fue posible el llegar a transmitir sonidos a distancia.

### **1.1.1. El telégrafo**

El telégrafo, que ya existía cuando se comenzó a investigar sobre el modo de transmitir sonidos, fue el precursor de las comunicaciones a distancia, con ayuda de la electricidad.

Antes de eso se ayudaban de heliógrafos, que era un sistema telegráfico basado en espejos que reflejaban la luz solar, o por banderas que permitían a observadores el descifrar un alfabeto de signos especiales y convertirlo en palabras.

El telégrafo eléctrico permitía también descifrar sonidos de una especie de sonador; estos sonidos transmitidos en código Morse permitían ser descifrados luego como letras que se convertían en palabras y frases, pero era demasiado lento, era imposible enviar las múltiples inflexiones de la voz humana, que pueden por el sonido mismo, cambiar el significado de toda una frase.

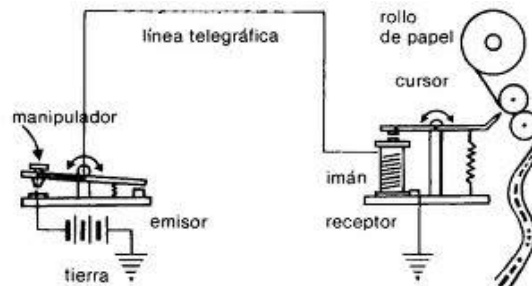
El problema principal residía en que no existían aún micrófonos y parlantes, o auriculares que permitiesen a cualquiera armar fácilmente un teléfono. Fue necesario que Alexander Graham Bell, un especialista en foniatría, que impulsado por el deseo de investigar aparatos que pudiesen ayudar a los sordos, después de investigar y desarrollar varias patentes telegráficas, se pusiese manos a la obra y así después de varios años de intentos fallidos, pudiese en 1876 patentar su sistema telefónico o como se lo llamó en aquellos años “telégrafo de sonidos”, que permitía transmitir y recibir voz humana a distancia.

Figura 1. **Telégrafo**



Fuente: <http://sinteshcomso.blogspot.com/2011/07/los-inicios-del-telegrafo.html>. Consulta: octubre de 2012.

Figura 2. **Sistema telegráfico**

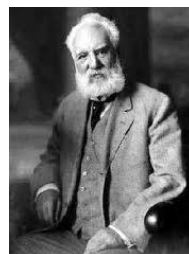


Fuente: <http://www.laromanabayahibenews.com/2012/09/morse-telegrafo-efemeride-tecnologia-el-telegrafo-cumple-175-anos-samuel-morse-historia-del-inventor-que-cambio-la-comunicacion-el-codigo-morse/>. Consulta: octubre de 2012.

### 1.1.2. **La evolución del teléfono fijo**

En realidad el primer aparato telefónico útil fue patentado por Alexander Graham Bell en los Estados Unidos el 7 de marzo de 1876. Hubo varios científicos que inventaron aparatos parecidos, pero solo Bell logró patentarlo y convertirlo en algo útil y de uso diario.

Figura 3. **Alexander Graham Bell**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Graham\\_Bell](http://es.wikipedia.org/wiki/Alexander_Graham_Bell). Consulta: noviembre de 2012.

Figura 4. **Thomas Augustus Watson**



Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_the\\_telephone](http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_telephone). Consulta: noviembre de 2012.

Tres días después de patentar su teléfono, probaba Bell el transmisor telefónico descrito en la patente, junto a su talentoso colaborador Watson. Este último se encontraba en otra habitación del edificio. Bell sin darse cuenta volcó parte del ácido de una batería sobre su ropa, en ese momento dijo "*Mr. Watson, come here I want you*", Watson, en la otra habitación, escuchó claramente en el receptor lo que le decía Bell y bajó corriendo las escaleras, entró en la habitación y le preguntó a Bell qué necesitaba, Bell estaba tan emocionado por el éxito del experimento que olvidó por completo el incidente con el ácido de las baterías.



Figura 5. **Primera llamada**



Fuente: <http://blogs.lanacion.com.ar/movilandia/varias/hoy-se-cumplen-135-anos-de-la-primera-llamada-telefonica-de-bell/>. Consulta: noviembre de 2012.

Desde ese momento en adelante empezó el desarrollo comercial del invento. La primera compañía telefónica Bell Telephone Company, fue fundada el 9 de julio de 1877.

Este primer aparato fue el modelo comercial con el cual Bell salió al mercado. En abril de 1877 se conectaron en serie, dos o más de estos aparatos a una línea común, que estaba tendida entre el comercio de accesorios eléctricos de Charles Williams, en la ciudad de Boston y el domicilio particular de este, que estaba a 5 kilómetros del negocio.

La misma abertura en el frente del aparato servía también para hablar y escuchar, según como se acercase la boca o el oído a la abertura. Este aparato no poseía campanilla ni ninguna otra señal de llamada. Era necesario golpear el diafragma con un lápiz o gritar para que el otro interlocutor entendiese que alguien quería comunicarse con él.

Rápidamente Watson agregó un pequeño dispositivo que golpeaba el diafragma a modo de aviso o llamador. Dos meses después se tendían las primeras líneas cobradas; es decir había comenzado el primer servicio telefónico del mundo.

Figura 6. **Teléfono de Bell**



Fuente: <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/ElectricidadCronol.htm>. Consulta: noviembre de 2012.

Históricamente la invención del teléfono se le ha atribuido a Bell, no obstante en junio de 2002 el Congreso de Estados Unidos reconoció que el teléfono fue concebido por un desconocido inmigrante italiano llamado Antonio Meucci. Tal como lo han afirmado desde décadas los libros de texto en Italia, el inventor italiano Antonio Meucci es el verdadero inventor del teléfono.

Alrededor del año 1857 Antonio Meucci construyó un teléfono para conectar su oficina con su dormitorio, ubicado en el segundo piso, debido al reumatismo de su esposa. Sin embargo carecía del dinero suficiente para patentar su invento, por lo que lo presentó a una empresa que no le prestó atención, pero que tampoco le devolvió los materiales. Al parecer, y esto no está probado, estos materiales cayeron en manos de Bell, que se sirvió de ellos para desarrollar su teléfono y lo presentó como propio.

Figura 7. **Antonio Meucci**



Fuente: [www.tecnosafapinto.blogspot.com](http://www.tecnosafapinto.blogspot.com). Consulta: noviembre de 2012.

En 1876, tras haber descubierto que para transmitir voz humana solo se podía utilizar una corriente continua, Bell construyó y patentó unas horas antes que Elisha Gray el primer teléfono. Tampoco se debe dejar de lado a Thomas Alva Edison, que introdujo notables mejoras en el sistema, entre las que se encuentra el micrófono de gránulos de carbón.

En 1860 el invento de Meucci fue publicado en un periódico para la comunidad italiana que circulaba en Nueva York y para 1862 ya tenía más de treinta modelos de su “teletrófono”. Con el fin de recolectar dinero para materiales, Meucci vendía sus prototipos a \$6 dólares. Pero no le fue posible conseguir \$250 dólares para patentar su “telégrafo parlante”. Lo único que pudo hacer con el dinero que tenía, fue dejar una notificación de patente pendiente renovable a un año y tristemente tres años después no consiguió \$10 dólares para renovarla.

Pensando en un patrocinador o en una gran compañía que comprara su invento. Meucci envió un prototipo mejorado con planos, documentos y todos los detalles técnicos a *Western Union Telegraph Company*, pero nunca fue posible arreglar una reunión con tan ocupados ejecutivos.

En 1874, en vista de la falta de interés, regresó a las oficinas reclamando el material dejado y curiosamente le contestaron que se había perdido. Dos años después Bell quien había compartido un laboratorio con Meucci por largo tiempo, llenó la forma de la patente del teléfono, se convirtió en una celebridad y logró un fabuloso contrato con la *Western Unión*.

Muchos historiadores concuerdan en que el precario dominio del idioma por parte de Meucci fue parte del problema, pero eso no le impidió dejar registradas otras catorce patentes entre 1859 y 1883. Aunque presentó una demanda, nunca se obtuvo el debido seguimiento; Meucci no podía costear un buen abogado, además nadie quería pelear con la *Western Unión* y ser parte de un puñado de ignorantes que pretendían estancar el desarrollo de la ciencia y el pujante progreso del país, como manifestó alguna vez Bell, cuando se le preguntó en una entrevista para un periódico local. Finalmente, después de vivir humildemente, Antonio Meucci murió en octubre de 1889 y poco después el caso se cerró. El campo estaba libre para Bell y su descendencia.

En unos dos años después del comienzo del teléfono, la compañía de accesorios eléctricos de Charles Williams produjo este modelo que tenía ya varias ventajas: Tenía un auricular para escuchar y un micrófono para hablar y una campanilla de llamada, activada por un generador a magneto acoplado a una manivela; al girar la manivela en un extremo de la línea, sonaba la campanilla del aparato que estaba en el otro extremo. Tenía también un soporte del auricular que servía como interruptor de la conexión.

Los servicios telefónicos comenzaron a desarrollarse rápidamente, cientos de abonados se conectaban a la red y con ello empezaron los conflictos comerciales con la Western Unión Telegraph, que también desarrolló su propio aparato telefónico, estos demandaron a la Bell Telephone Co., por transgredir sus patentes. Después de llegar a un acuerdo en los tribunales, la compañía Bell logró cierto dominio sobre el gigante de la telegrafía, a cambio de darles el control sobre la producción de aparatos y centrales telefónicas. Había nacido la Western Electric Co., que pasó a ser con el tiempo la poseedora de las licencias de producción de Bell y una de las más grandes abastecedoras de equipo telefónico.

Con la incorporación vertiginosa de miles de abonados, fueron creciendo los sistemas hasta volverse enormes. Las líneas eran generalmente aéreas, sobre postes, al estilo del telégrafo. Esto provocó violentas protestas por los defensores del medio ambiente. Paulatinamente las líneas aéreas fueron substituidas por cables subterráneos, que si bien eran caros, permitían tender miles de líneas a los abonados, sin afectar el horizonte.

Con ello tuvo lugar el inicio del éxito singular del teléfono por todo el mundo: en 1881 ya había en Alemania las primeras redes urbanas de conmutación manual. Poco después, el antecesor del disco de marcar, inventado en 1889 por Almon Brown Strowger, hizo posible la conmutación automática, introducida a partir de 1908 en Alemania. El paso a la conmutación automática en este país no se llegó a dar hasta 1972.

En 1928 se hizo la primera conexión entre Londres y Nueva York, de un lado del Atlántico al otro. Poco tiempo después era posible establecer conexiones desde Alemania con el Nuevo Mundo, aunque al principio solamente desde unas pocas grandes ciudades.

En 1910, en Alemania ya había aproximadamente un millón de abonados. Actualmente, son aproximados 55 millones en comparación con las aproximadas 270 millones de conexiones en China y aproximadas 200 millones en EEUU. Con esto, el teléfono ha evolucionado de forma vertiginosa de un bien de lujo para la alta sociedad, como fue en sus inicios, a un bien de consumo para todo el mundo, es decir un objeto indispensable en el mundo actual.

Figura 8. **Central manual de telefonía**



Fuente: <http://worldoffice.wordpress.com/tag/central-telefonica/>.

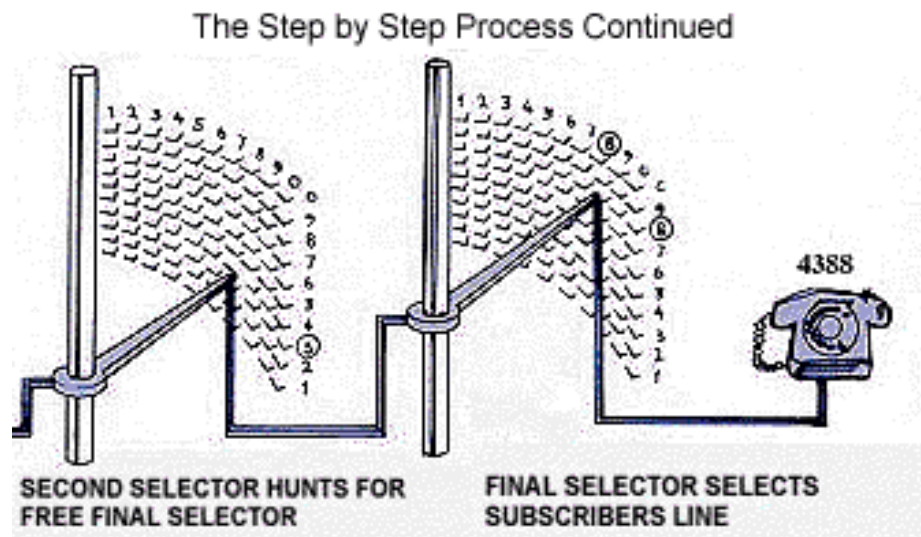
Consulta: diciembre de 2012.

### **1.1.3. El teléfono automático**

Una de las grandes desventajas de los antiguos teléfonos era la dependencia del usuario con las operadoras en las centrales. En aquellos años era imposible comunicarse directamente como se hace ahora.

Ya hacia 1879 hubo intentos de desarrollar un sistema que permitiese al usuario, sin la intervención de operadoras, comunicarse directamente con el usuario al otro lado de la línea. Pero todos los intentos no llevaron a éxitos prácticos. En 1888 Almon B. Strowger patentó un sistema de aparatos y centrales telefónicas automáticas, que no requerían la presencia de operadoras para efectuar la conexión entre 2 usuarios.

Figura 9. **Mecanismo selector automático de Strowger**



Fuente: [www.strowger-net.telefoonmuseum.com](http://www.strowger-net.telefoonmuseum.com). Consulta: diciembre de 2012

#### 1.1.4. **El discado por botones**

A pesar de que ya Strowger había utilizado botones pulsadores para elegir el abonado con el cual querían comunicarse, la idea de utilizar botones para esa función cayó en el olvido y volvió solo allí por los fines de los años 50. Con el desarrollo de sistemas electrónicos digitales en las centrales telefónicas, volvieron a pensar en la posibilidad de discar con ayuda de un tablero de pulsadores.

Así llegaron los expertos a la conclusión que es mejor discar utilizando un sistema de tonos de varias frecuencias, es decir cada pulsador emitirá un tono de frecuencia fija para ese pulsador y diferente de las frecuencias de los demás pulsadores. Entonces la central telefónica digital podrá reconocer esa frecuencia y entender que el usuario pulsó ese botón determinado y no otro.

Con la inserción de centrales computarizadas y teléfonos de discado por tonos, cambió el aspecto del servicio; este se convirtió en algo dinámico, ágil y adaptado a las necesidades del nuevo mundo de actividades de fines del siglo XX. Los teléfonos se convirtieron en indispensables, ya nadie pensaba siquiera en estar lejos del teléfono, todos querían estar al alcance de sus clientes, amigos y familiares.

Los contestadores automáticos fueron popularizándose y ya a fines de los '80 existían en la mayor parte de las compañías como servicio usual.

De esta forma se fueron desarrollando aparatos digitales, que funcionan dentro de compañías comerciales. El fax o telefax como se lo llamó al principio y que permite transferir documentos impresos, se basa también en líneas telefónicas para comunicar. Las líneas digitales ISDN y ADSL, que permiten pasar datos de computadoras, internet, etc. Todo basado en aquella infraestructura de cables de cobre, que fueron tendidos por los pioneros, y mejorados año con año por operadores e ingenieros.

La evolución sigue; desde finales de los años ochenta del siglo pasado, la red telefónica se digitaliza cada vez más, especialmente en la transmisión de voz y datos entre dos centrales telefónicas, pero también con la introducción de la RDSI en 1989, en parte incluso en la última milla.



Desde entonces, las señales analógicas son transformadas en datos digitales a más tardar en la primera central telefónica, a continuación transmitidas a la central de destino y después, en el caso dado, transformadas de nuevo en señales analógicas.

Esta tendencia continuará, porque las informaciones digitales en combinación con las redes conmutadas por paquetes, ofrecen la enorme ventaja que, en comparación con las clásicas redes conmutadas por circuitos, la línea solamente está ocupada cuando realmente existan informaciones a transmitir; en este caso los paquetes de datos individuales de una 'conexión' pueden seguir, dependiendo de la carga, varias rutas por la red de comunicación hasta llegar al aceptador, lo que permite a las empresas de telecomunicaciones un aprovechamiento mucho más flexible de su infraestructura.

Si para la transmisión de datos de voz se utiliza el protocolo de internet TCP/IP o si se utiliza el Internet como medio de transmisión, entonces se habla de '*Voice over IP*' (VoIP). Las soluciones de este tipo están en auge, ya que en el caso ideal permiten llamar a cualquier parte con tarifa de llamada local o incluso gratis. Siempre que se disponga de acceso a internet de banda ancha con tarifa plana. Porque con la tarifa plana ya queda amortizada la transmisión de paquetes de voz a través de internet.

Si el interlocutor también utiliza VoIP, entonces no se originan más gastos, sino se debe conectar desde internet, si es posible dentro la red local del interlocutor, con la red telefónica convencional y vuelta atrás. Con esto, por primera vez los proveedores de acceso a Internet podrían competir con los proveedores de telefonía fija.

### **1.1.5. Perfeccionamientos posteriores**

- La invención del conmutador o tablero de distribución, sin el cual no hubiera sido posible interconectar ningún grupo de teléfonos. Este fue el comienzo de la central telefónica.
- El descubrimiento del proceso del endurecimiento del alambre de cobre, lo cual mejoró la transmisión y posibilitó los circuitos telefónicos de línea abierta a larga distancia.
- El uso del cable coaxial disminuyó las perturbaciones provocadas por circuitos adyacentes de energía, o por otros circuitos telefónicos, perfeccionando en gran medida la transmisión.
- El desarrollo de los sistemas de conmutadores automáticos hizo posible una enorme expansión de la telefonía local y de larga distancia.
- La retransmisión radial se desarrolló como un complemento de la comunicación por línea, y en el momento actual proporciona millones de kilómetros de circuitos telefónicos en todo el territorio de los Estados Unidos.
- Invención del transistor. El reducido tamaño y los bajos requerimientos de energía de este dispositivo electrónico abrieron el camino a sistemas telefónicos más compactos y eficientes.
- La transposición de circuitos telefónicos permitió reducir al mínimo la interferencia de otros, y de líneas de luz eléctrica y de energía.

- El perfeccionamiento del cable subterráneo permitió eliminar líneas y postes en las calles de las ciudades y el del cable aéreo redujo en obras el número de crucetas y el tamaño de los postes.
- Las mejoras en los diseños en los cables aumentaron el número de alambres que pueden colocarse dentro de la vaina de un cable de tamaño determinado.
- El desarrollo de las aleaciones magnéticas permitieron reducir el tamaño de los cables telefónicos.
- El perfeccionamiento de los cables submarinos, incluyendo el uso del cable coaxial y de las repetidoras submarinas que pueden funcionar bajo las presiones que existen en las profundidades.
- El uso de microondas para la transmisión de señales.
- El desarrollo del láser. Los usos futuros del láser incluirán la transmisión de mensajes. Un láser de helio-neón puede conducir 10 000 conversaciones telefónicas simultáneas.
- La investigación en fibras ópticas. Los haces de fibras ópticas pueden transmitir, teóricamente, un número mucho mayor de mensajes que los cables convencionales.
- La invención de los satélites de comunicación y la difusión de su uso.

## **1.2. Evolución de las redes de datos**

La evolución de las redes (hablando de voz, datos y video) están teniendo en estos momentos una clara evolución; al unificar estos servicios, los fabricantes de equipos ofrecen una clara postura homogénea en cuanto a las aplicaciones anteriores, ya que el tener unificadas las mismas en dispositivos capaces de manipular estos de una manera eficiente, permitan tanto a nivel privado como público, establecer clases de servicio (CoS) para la mejor administrabilidad y control de la información transportada en la red y ofrecer calidad de servicio (QoS) en las aplicaciones transportadas en la red.

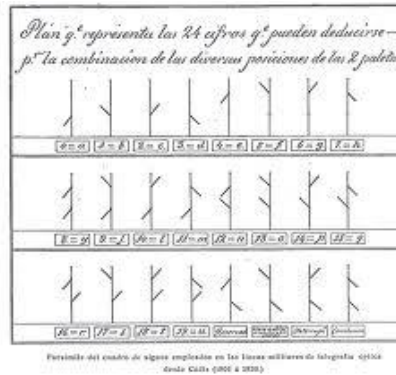
### **1.2.1. Historia de las redes de datos**

En realidad, la historia de la red se puede remontar al principio del siglo XIX; el primer intento de establecer una red amplia estable de comunicaciones, que abarcara al menos un territorio nacional, se produjo en Suecia y Francia a principios del siglo XIX.

Estos primeros sistemas se denominaban telégrafo óptico y consistían en torres, similares a los molinos, con una serie de brazos o bien persianas. Estos brazos o persianas codificaban la información por sus distintas posiciones. Estas redes permanecieron hasta mediados del siglo XIX, cuando fueron sustituidas por el telégrafo.

Cada torre evidentemente, debía de estar a distancia visual de las siguientes, y repetía la información hasta llegar a su destino.

Figura 10. **Señales telégrafo óptico**



Fuente: <http://www.gentedecadiz.com/?cat=10>. Consulta: diciembre de 2012.

Posteriormente, la red telegráfica y telefónica fueron los principales medios de transmisión de datos a nivel mundial.

Las primeras redes construidas permitieron la comunicación entre una computadora central y terminales remotas. Se utilizaron líneas telefónicas, ya que estas permitían un traslado rápido y económico de los datos. Se utilizaron procedimientos y protocolos ya existentes para establecer la comunicación y se incorporaron moduladores y demoduladores para que, una vez establecido el canal físico, fuera posible transformar las señales digitales en analógicas, y adecuarlas para la transmisión por medio de un módem.

Posteriormente se introdujeron equipos de respuesta automática que hicieron posible el uso de redes telefónicas públicas conmutadas, para realizar las conexiones entre las terminales y la computadora central. Los primeros intentos de transmitir información digital se remontan a principios de los 60, con los sistemas de tiempo compartido ofrecidos por empresas como General Electric y Tymeshare.

Estas redes solamente ofrecían una conexión de tipo cliente-servidor, es decir, el ordenador-cliente estaba conectado a un solo ordenador-servidor; los ordenadores-clientes a su vez no se conectaban entre sí.

Pero la verdadera historia de la red comienza en los 60 con el establecimiento de las redes de conmutación de paquetes. Conmutación de paquetes es un método de fragmentar mensajes en partes llamadas paquetes, encaminarlos hacia su destino y ensamblarlos una vez llegados allí. Durante los años '60, las necesidades de teleproceso dieron un enfoque de redes privadas compuesto de líneas y concentradores locales o remotos que usan una topología de estrella.

La primera red experimental de conmutación de paquetes se usó en el reino unido, en los *National Physics Laboratories*; otro experimento similar lo llevó a cabo en Francia la *Societ Internationale de Telecommunications Aeronautiques*, hasta el año 69 esta tecnología no llegó a los Estados Unidos de América, donde comenzó a utilizarla el ARPA, o agencia de proyectos avanzados de investigación para la defensa.

El ancestro del internet fue creado por la ARPA y se denominó ARPANET; el plan inicial se distribuyó en 1967. Los dispositivos necesarios para conectar ordenadores entre si se llamaron IMP, es decir *Information Message Processor* y eran un potente miniordenador fabricado por *Honeywell* con 12 KS de memoria principal. El primero se instaló en la UCLA y posteriormente se instalaron otros en Santa Bárbara, Standford y Utah. Curiosamente, estos nodos iniciales del internet todavía siguen activos, aunque sus nombres han cambiado, los demás nodos que se fueron añadiendo a la red correspondían principalmente a empresas y universidades que trabajaban con contratos de defensa.

Figura 11. **Logo Arpanet**



Fuente: <http://infoaletskaf.blogspot.com/2010/12/historia-resumida-de-internet.html>. Consulta: diciembre de 2012.

A principios de los años 70 surgieron las primeras redes de transmisión de datos destinadas exclusivamente a este propósito, como respuesta al aumento de la demanda del acceso a redes a través de terminales para poder satisfacer las necesidades de funcionalidad, flexibilidad y economía.

Se comenzaron a considerar las ventajas de permitir la comunicación entre computadoras y entre grupos de terminales, ya que dependiendo del grado de similitud entre computadores, es posible permitir que compartan recursos en mayor o menor grado.

Internet viene de interconexión de redes, y el origen real de la internet se sitúa en 1972, cuando en una conferencia internacional, representantes de Francia, Reino Unido, Canadá, Noruega, Japón y Suecia, discutieron la necesidad de empezar a ponerse de acuerdo sobre protocolos; es decir, sobre la forma de enviar información por la red de forma que todo el mundo la entendiera.

La primera red comercial fue la TransCanada Telephone Systems Dataroute, a la que posteriormente siguió el Digital Data System de AT&T. Estas dos redes, para beneficio de sus usuarios, redujeron el costo y aumentaron la flexibilidad y funcionalidad.

El concepto de redes públicas de datos emergió simultáneamente. Algunas razones para favorecer el desarrollo de redes de datos públicos es que el enfoque de redes privadas es muchas veces insuficiente para satisfacer las necesidades de comunicación de un usuario dado. La falta de interconectabilidad entre redes privadas y la demanda potencial de información entre ellas, en un futuro cercano, favorecen el desarrollo de las redes públicas.

### **1.3. Convergencia de las redes de voz y datos**

No se puede dejar pasar por alto que la evolución de ambos servicios están atados estrechamente, ya que las primeras redes fueron de voz, pero a su vez los mismos tendidos de cable sirvieron para la transmisión de datos, a un menor rango en sus inicios.

#### **1.3.1. El facsímil**

Se le llamó así a la tecnología de transmisión telefónica de material escaneado impreso (tanto texto como imágenes), normalmente a un número de teléfono conectado a una impresora o a otro dispositivo de salida. El documento original es escaneado con una máquina de fax, que procesa los contenidos como una sola imagen gráfica fija, convirtiéndola en un mapa de bits; la información se transmite como señales eléctricas a través del sistema telefónico.



El equipo de fax receptor reconvierte la imagen codificada y la imprime en papel. Antes del triunfo de la tecnología digital, durante muchas décadas, los datos escaneados se transmitían como señales analógicas.

Figura 12. **Facsimil**



Fuente: [www.armenant.co.uk](http://www.armenant.co.uk). Consulta: diciembre de 2012

### **1.3.1.1. Evolución del facsimil**

A través de los años el facsimil presentó varios cambios desde su forma de construcción y su sistema de transmisión de datos.

#### **1.3.1.1.1. Transmisión por cable**

El inventor escocés Alexander Bain trabajó en los dispositivos mecánicos de productos químicos de tipo fax y en 1846 fue capaz de reproducir signos gráficos en experimentos de laboratorio. Recibió la patente de fax por primera vez, en 1843. Frederick Bakewell realizó varias mejoras en el diseño de Bain y creó una máquina de fax. El *Pantelegraph* fue inventado por el físico italiano Giovanni Caselli quien introdujo el primer servicio comercial de fax entre París y Lyon en 1865, unos 11 años antes de la invención del teléfono.

En 1881, el inventor inglés Shelford Bidwell construyó el *scanning phototelegraph* (escáner fototelegráfico) que fue la primera máquina de fax capaz de escanear cualquier original bidimensional manualmente, sin requerir trazar o dibujar. Alrededor de 1900, el físico alemán Arthur Korn inventó la *Bildtelegraph*, muy extendida en la Europa continental especialmente, pues para transmitir la foto de una persona buscada de París a Londres en 1908, se utilizaba el más distribuido radiofax. Sus principales competidores eran los Belinograf de Édouard Belin primero, y luego desde 1930, el Hellschreiber, inventado en 1929 por el alemán Rudolf Hell, un pionero en la exploración de la imagen mecánica y la transmisión.

#### **1.3.1.1.2. Transmisión inalámbrica**

Como diseñador de la Radio Corporation of America (RCA), en 1924, Richard H. Ranger inventó el fotorradiograma o radiofax transoceánico, el precursor de las máquinas de fax de hoy en día. Una fotografía del presidente Calvin Coolidge se envió desde Nueva York a Londres, el 29 de noviembre de 1924, y se convirtió en la primera foto reproducida por radio facsímil transoceánico.

El uso comercial del producto Ranger comenzó dos años después. El radiofax sigue siendo de uso común hoy en día para la transmisión de mapas del tiempo e información a los buques en el mar. También en 1924, Herbert E. Ives de AT&T envió y reconstruyó el primer fax en color, utilizando separación de colores.

Alrededor del Finch Facsimile, una máquina altamente desarrollada, fue descrita en detalle en un libro, aunque nunca fue fabricada en grandes cantidades.

En la década de 1960, el ejército de Estados Unidos transmitió la primera fotografía vía satélite *facsimile* a Puerto Rico desde el *Deal Test Site*, utilizando el satélite *Courier 1B*.

#### **1.3.1.1.3. Transmisión por tendidos telefónicos**

El año de 1964 fue clave en el que *Xerox Corporation* presentó (y patentó) lo que muchos consideran como la primera versión comercializada de la máquina de fax moderna, bajo el nombre (LDX) o *Long Distance Xerography*. Este modelo fue sustituido dos años después por una unidad que verdaderamente marca la pauta para las máquinas de fax en los próximos años. Hasta ese momento las máquinas de fax eran muy caras y difíciles de operar.

En 1966, *Xerox* lanzó el *Magnafax Telecopier*, una máquina de fax pequeña, de 46 libras de peso. Esta unidad era mucho más fácil de operar y podía estar conectada a cualquier línea telefónica estándar. Esta máquina era capaz de transmitir un documento de tamaño carta en unos seis minutos. La primera máquina digital de fax digital fue desarrollada por *Dacom*, que se basa en la tecnología digital de compresión de datos, desarrollada originalmente en la *Lockheed Corporation* para la comunicación por satélite.

A fines de 1970, muchas empresas de todo el mundo (pero sobre todo en Japón), entraron en el mercado del fax. Muy poco después, una nueva ola de máquinas de fax más compactas, más rápidas y eficientes llegó al mercado. *Xerox* siguió perfeccionando la máquina de fax años después de su innovadora primera máquina. Pero, en los últimos años se combinaría con el equipo multifunción para crear las máquinas híbridas que se tienen hoy en día, que copia, escanea y envía fax.

Algunas de las capacidades menos conocidas de las tecnologías fax de Xerox incluyen sus servicios Ethernet, con capacidad de fax en sus estaciones de trabajo Xerox 8000 en la década de 1980.

Figura 13. **Xerox 8000**



Fuente: [www.fujixerox.co.jp](http://www.fujixerox.co.jp). Consulta: diciembre de 2012.

Antes de la introducción de la máquina de fax en todas partes, uno de los primeros es el Exxon Qwip6 a mediados de 1970; máquinas de fax que trabajan por lectura óptica de un documento o dibujo, girando sobre un tambor. La luz reflejada, que varía en intensidad según las zonas claras y oscuras del documento, se envía a una fotocélula en la que la corriente en un circuito varía con la cantidad de luz. Esta corriente se utiliza para controlar un generador de tonos (un modulador), la corriente determina la frecuencia del tono producido.

Este tono de audio se transmite a continuación, utilizando un acoplador acústico (un altavoz, en este caso) conectado al micrófono de un auricular común del teléfono. En el extremo receptor, un altavoz del auricular se conecta a un acoplador acústico (un micrófono), y un demodulador convierte el tono variable en una corriente variable que controla el movimiento mecánico de una pluma o lápiz para reproducir la imagen en una hoja de papel en blanco, en un tambor giratorio idéntico a la misma velocidad.

Un par de estas máquinas costosas y voluminosas solo podría ser proporcionado por las empresas con una gran necesidad de comunicar los dibujos, bocetos de diseño o documentos firmados entre lugares distantes, tales como una oficina y la fábrica. *Western Union* comenzó un servicio de "telegrafía facsímil" en el año 1935. Su primer mensaje de costa a costa contiene las imágenes de Mickey Mouse.

#### **1.4. Red digital de servicios integrados**

La red digital de servicios integrados fue la precursora a la integración de servicios telefónicos y servicios de datos a un único cableado externo.

##### **1.4.1. Telefonía y servicios digitales**

En 1984 la CCIT definía la RDSI como una red, en general evolucionada de una red digital integrada telefónica, que proporciona, de un extremo a otro, conectividad digital, soportando un amplio abanico de servicios, ya sean de voz u otros, y a la que los usuarios pueden tener acceso mediante dispositivos o interfaces multipropósito.

La RDSI ha sido diseñada, como sucesor de las actuales redes telefónicas públicas, respecto de las que ofrece:

- Audio de 7 KHz, frente a los 3.1 KHz de la telefonía básica, mejorando sensiblemente la calidad.
- Comunicaciones digitales a 64 Kbps, frente a los 14.4 Kbps teóricamente alcanzables por las redes telefónicas.

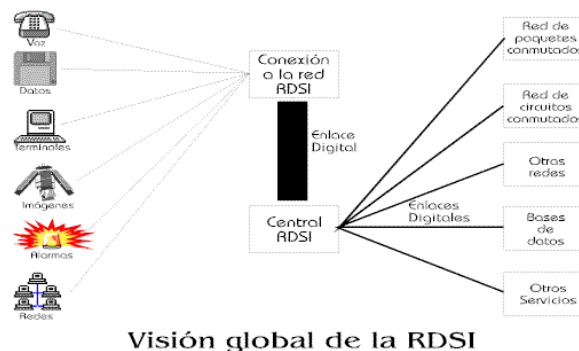
- Gran funcionalidad frente a las redes telefónicas, como resultado del uso de un canal de señalización normalizado.
- Un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes.
- Rapidez en las llamadas, menos de 800 ms, y virtualmente sin errores.

Ventajas evidentes son envío de una página fax DIN-A4, en tan solo 3 segundos, y la posibilidad de videoconferencias de calidad razonable.

El término original es ISDN (*Integrated service digital network*), acuñado en 1972 por Japón y homologado en 184 por CCITT.

Los estudios del CCITT hicieron patente la absoluta necesidad de que los servicios primarios de RDSI evolucionaran a partir de las actuales redes telefónicas, entre otras razones, para el plazo son sin duda más rentables, como por ejemplo, fibra óptica.

Figura 14. **Esquema RDSI**



Fuente: [www.consulintel.es](http://www.consulintel.es). Consulta: diciembre de 2012.

## **1.4.2. Tecnologías RDSI**

La RDSI actual, también conocida como RDSI de banda estrecha, está basada en una de las dos estructuras definidas por CCITT:

### **1.4.2.1. Acceso básico (BRI)**

- Acceso simultáneo a 2 canales de 64 Kbps, denominados canales B, para voz o datos.
- Un canal de 16 Kbps, o canal D, para la realización de la llamada y otros tipos de señalización entre dispositivos de la red.
- En conjunto, se denominan 2B+D, o I.420, que es la recomendación CCITT que define el acceso básico. El conjunto proporciona 144 Kbps.

### **1.4.2.2. Acceso primario (PRI)**

- Acceso simultáneo a 30 canales tipo B, de 64 Kbps, para voz y datos.
- Un canal de 64 Kbps, o canal D, para la realización de la llamada y la señalización entre dispositivos de la red.
- En conjunto, se referencia como 30B+D o I.421, la recomendación CCITT que define el acceso primario, el conjunto proporciona 1.984 Kbps.
- En algunos países, solo existen 23 canales tipo B, por lo que se denomina 23B+D; el total corresponde a 1.536 Kbps.

Evidentemente, las comunicaciones vía RDSI, han de convivir con las actuales líneas, por lo que es perfectamente posible establecer una llamada, por ejemplo, entre un teléfono RDSI y un teléfono analógico o viceversa; del mismo modo que es posible comunicar, vía RDSI, con X.25 o redes tipo *Frame Relay*.

La información en los canales tipo B, operando en modo de conmutación de circuitos, una vez que ha sido establecida la llamada, se transmite de un modo totalmente transparente; lo que permite emplear cualquier conjunto de protocolos como SNA, PPP, TCP/IP, etc.

El canal de control de la llamada, canal D, también denominado de señalización, permite, como su nombre indica, el establecimiento monitorización y control de la conexión RDSI, y es el responsable de generar incluso los timbres de llamada. Está definido por la recomendación CCITT Q.931 (I.451); aunque en la actualidad, algunos países siguen con normas propietarias. La señalización dentro de la red se realiza mediante la norma SS#7 (*Signalling System Number 7*) del CCITT, la misma empleada para la operación sobre líneas analógicas.



## 2. MIGRACIÓN DE LA RED DE VOZ DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

### 2.1. ¿Qué es la voz sobre IP?

VoIP proviene del inglés *Voice Over Internet Protocol*, que significa “voz sobre un protocolo de internet”. Básicamente VoIP es un método por el cual tomando señales de audio, analógicas, del tipo de las que se escuchan cuando se habla por teléfono; se les transforma en datos digitales que pueden ser transmitidos a través de internet hacia una dirección IP determinada.

Figura 15. Diagrama de VoIP



Fuente: [www.voipunlimitedcalls.com](http://www.voipunlimitedcalls.com). Consulta: marzo de 2013.

## **2.2. ¿Por qué usar VoIP?**

El VoIP permite la unión de dos mundos históricamente separados, el de la transmisión de voz y el de la transmisión de datos. Entonces, el VoIP no es un servicio sino una tecnología. VoIP puede transformar una conexión estándar a internet en una plataforma para realizar llamadas gratuitas por internet. Usando algunos de los software gratuitos para llamadas VoIP que están disponibles en internet, se saltea a las compañías tradicionales de telefonía, y por consiguiente sus tarifas.

En el pasado, las conversaciones mediante VoIP solían ser de baja calidad; esto se vio superado por la tecnología actual y la proliferación de conexiones de banda ancha; hasta tal punto llegó la expansión de la telefonía IP que existe la posibilidad de que una persona sin saberlo, ya haya utilizado un servicio VoIP, por ejemplo, las operadoras de telefonía convencional utilizan los servicios de VoIP para transmitir llamadas de larga distancia y de esta forma reducir costos.

Se sabe que va a llevar algún tiempo, pero es seguro que en un futuro cercano desaparecerán por completo las líneas de teléfono convencionales que se utilizan en la vida cotidiana; el avance tecnológico indica que estas serán muy probablemente reemplazadas por telefonía IP.

## **2.3. Funcionamiento de VoIP**

Para entender cómo funciona el VoIP, primero se debe entender cómo funcionan las líneas de teléfono convencionales.

### **2.3.1. Telefonía IP vs telefonía convencional**

Los sistemas de telefonía tradicional están guiados por un sistema muy simple pero ineficiente denominado conmutación de circuitos. La conmutación de circuitos ha sido usado por las operadoras tradicionales por más de un siglo. En este sistema cuando una llamada es realizada, la conexión es mantenida durante todo el tiempo que dure la comunicación. Este tipo de comunicaciones es denominada “circuito” porque la conexión está realizada entre 2 puntos hacia ambas direcciones. Estos son los fundamentos del sistema de telefonía convencional.

### **2.3.2. Comunicación en telefonía IP**

Para entender cómo funciona una comunicación en telefonía IP, primero se definirá cómo funciona una comunicación mediante el sistema de telefonía convencional de conmutación de circuitos, a través de los siguientes pasos:

- Se levanta el teléfono y se escucha el tono de marcado. Esto deja saber que existe una conexión con el operador local de telefonía;
- Se disca el número de teléfono al que se desea llamar;
- La llamada es transmitida a través del conmutador (switch) de su operador, apuntando hacia el teléfono marcado.
- Una conexión es creada entre tu teléfono y la persona que se está llamando, entre medio de este proceso el operador de telefonía utiliza varios conmutadores para lograr la comunicación entre las 2 líneas;

- El teléfono suena a la persona que se está llamando y alguien contesta la llamada;
- La conexión abre el circuito;
- Se habla por un tiempo determinado y luego se cuelga el teléfono.
- Cuando se cuelga el teléfono, el circuito automáticamente es cerrado; de esta manera se libera la línea y todas las líneas que intervinieron en la comunicación.

Ahora para definir cómo funciona una comunicación en un entorno VoIP, se va a suponer que las dos personas que se quieren comunicar tienen servicio a través de un proveedor VoIP y los dos tienen sus teléfonos analógicos conectados a través de un adaptador digital-analógico llamado ATA; se dan los siguientes pasos:

- Se levanta el teléfono, esto hace que se envíe una señal al conversor analógico-digital ATA;
- El ATA recibe la señal y envía un tono de llamado; esto deja saber que ya se tiene conexión a internet;
- Se marca el número de teléfono de la persona que se desea llamar; los números son convertidos a digital por el ATA y guardados temporalmente;

- Los datos del número telefónico son enviados al proveedor VoIP. Las computadoras del proveedor VoIP revisan este número para asegurarse que está en un formato válido;
- El proveedor determina a quién corresponde este número y lo transforma en una dirección IP;
- El proveedor conecta los dos dispositivos que intervienen en la llamada. En la otra punta, una señal es enviada al ATA de la persona que recibe la llamada, para que este haga sonar el teléfono de la otra persona.
- Una vez la otra persona levanta el teléfono, una comunicación es establecida entre la computadora que llama y la que está recibiendo la llamada, esto significa que cada sistema está esperando recibir paquetes del otro sistema. En el medio, la infraestructura de internet maneja los paquetes de voz y la comunicación de la misma forma que haría con un email o con una página web. Cada sistema debe estar funcionando en el mismo protocolo para poder comunicarse. Los sistemas implementan dos canales, uno en cada dirección;
- Se habla por un periodo de tiempo. Durante la conversación, ambos sistemas están transmitiendo y recibiendo paquetes entre sí;
- Cuando termina la llamada, se cuelga el teléfono, En este momento el circuito es cerrado.
- El ATA envía una señal al proveedor de telefonía IP, informando que la llamada ha sido concluida.

### **2.3.3. Precio de la telefonía IP**

Para explicar esto se van a definir los gastos que implicaba una comunicación por conmutación de circuitos. A comienzos de la telefonía convencional, a mediados de 1960, cada llamada debía tener un cable dedicado, yendo de una punta a la otra de la comunicación durante todo el tiempo que durará la misma. Entonces sí, por ejemplo una operadora telefónica conectaría cables a lo largo de todo el recorrido para formar un camino entre los 2 extremos de la comunicación. En este caso, si la llamada duraba 10 minutos; se usaban esos cables conmutados que van a lo largo de todo el recorrido entre Guatemala y España, a lo largo de la duración de la conversación. Esto hacía que las comunicaciones a larga distancia fueran muy caras.

### **2.4. La conmutación de circuitos hoy en día**

Hoy en día las comunicaciones telefónicas son mucho más eficientes; por eso cuestan menos. Las voces son digitalizadas y pueden viajar junto con muchas otras a través de un cable de fibra óptica por la mayoría del trayecto, sigue habiendo un pedazo de cable dedicado, el que llega justo al domicilio.

Esas llamadas son transmitidas a una calidad de 64 Kbps en cada dirección, por un total de transmisión de 128 Kbps. Como existen 8 Kb en un kilobyte, esto se transforma en una transmisión de 16 KB por cada segundo que el circuito está abierto, y 960 Kb cada minuto que está abierto. Entonces en una comunicación de 10 minutos, el total transmitido sería de 9 600 Kb; lo que es prácticamente equivalente a 10 Mb. Si se observa una conversación típica se puede dar cuenta fácilmente que mucha de esta información es malgastada o en algunos casos no se usa.

### **2.4.1. Los tiempos muertos en las comunicaciones**

Cuando se está hablando, la otra parte está escuchando; lo que significa que solo la mitad de la conexión se encuentra en uso en un momento dado. Basado en eso, se puede deducir que se podría cortar el tamaño de la conversación justo a la mitad, o sea 4.7 Mb, siempre manteniendo la misma calidad de comunicación.

Además, una gran cantidad de tiempo en las conversaciones es tiempo muerto, tiempo en el que ninguno de los dos habla. Si se pudieran remover esos intervalos de tiempo muerto; el tamaño de la conversación sería todavía más pequeño. Entonces, en lugar de enviar una cadena continua de bits (ambos de silencio o ruido), ¿qué pasaría si solo se envían paquetes en los momentos que se produce ruido, cuando se crean?. Esa es la base del intercambio de paquetes, la alternativa a conmutación de paquetes.

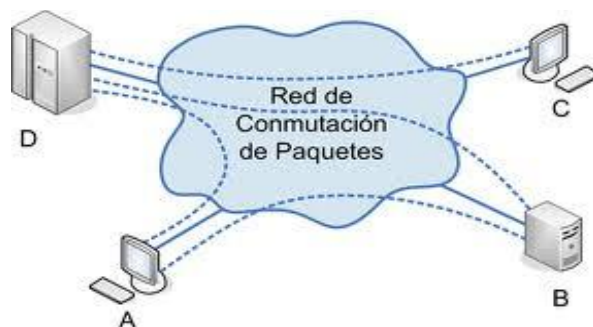
### **2.4.2. Intercambio de paquetes en la telefonía IP**

Mientras que la conmutación de paquetes mantiene la conexión abierta y constante, el intercambio de paquetes que utiliza la telefonía IP solo abre una pequeña conexión, suficientemente extensa para enviar una pequeña porción de información llamada paquete, de un sistema a otro; la cual funciona de esta forma:

- La computadora que envía divide la información en pequeños paquetes, con una dirección en cada uno, indicando a los dispositivos de red donde enviar los mismos.

- Adentro de cada paquete hay una porción de la información que se está enviando: la voz.
- La computadora emisora envía un paquete al router más cercano y se olvida del mismo. El router cercano envía el paquete a otro que se encuentre más cerca del destino; ese router se lo envía a otro que se encuentra todavía más cerca del destino y así sucesivamente.
- Cuando la computadora receptora finalmente recibe los paquetes (que pueden haber tomado caminos completamente diferentes para haber llegado ahí), usa las instrucciones contenidas en los paquetes para rearmar los datos en su estado original.
- El intercambio de paquetes es muy eficiente. Deja a la red enviar los paquetes a lo largo de las rutas menos congestionadas. También libera a las computadoras, de forma que estas pueden también aceptar información proveniente de otras computadoras.

Figura 16. **Conmutación de paquetes**



Fuente: [www.panchosei.blogspot.com](http://www.panchosei.blogspot.com). Consulta: marzo de 2013.



## 2.5. Tipos de comunicación en la telefonía IP

Utilizando VoIP no existe solo una sola forma de realizar una llamada; se analizaran las distintas opciones que presenta esta tecnología.

### 2.5.1. ATA (Analog telephone adaptor)

Esta es la forma más simple. Este adaptador permite conectar teléfonos comunes (de los que se utilizan en la telefonía convencional) a la computadora o a la red para utilizarlos con VoIP. El adaptador ATA es básicamente un transformador analógico a digital.

Este toma la señal de la línea de teléfono tradicional y la convierte en datos digitales, listos para ser transmitidos a través de internet. Algunos proveedores de VoIP están regalando este tipo de adaptadores preconfigurados a los usuarios.

Figura 17. Adaptador ATA



Fuente: [www.spobox.com.br](http://www.spobox.com.br). Consulta: marzo de 2013.

## 2.5.2. Teléfonos IP

Estos teléfonos a primera vista se ven como los teléfonos convencionales, con un tubo, una base y cables. Sin embargo los teléfonos IP en lugar de tener conexión RJ11 para teléfonos convencionales tienen conexión RJ45 para conectar directamente al router de la red y tienen todo el hardware y software necesarios para manejar correctamente las llamadas VoIP.

Los teléfonos celulares con Wi-Fi permiten llamadas VoIP a personas que utilicen este tipo de teléfonos siempre que exista conectividad a internet.

Figura 18. Teléfono IP



Fuente: [www.limacallao.olx.com.pe](http://www.limacallao.olx.com.pe). Consulta: abril de 2013.

### **2.5.3. Computadora a computadora**

Esta es la manera más fácil de utilizar VoIP; todo lo que se necesita es un micrófono, parlantes y una tarjeta de sonido, además de una conexión a internet, preferentemente de banda ancha. Exceptuando los costos del servicio de internet, usualmente no existe cargo alguno por este tipo de comunicaciones VoIP entre computadoras, no importa las distancias.

### **2.5.4. Ventajas de la telefonía IP**

La primera ventaja y la más importante es el costo, una llamada mediante telefonía VoIP es en la mayoría de los casos mucho más barata que su equivalente en telefonía convencional.

Esto es básicamente debido a que se utiliza la misma red para la transmisión de datos y voz, la telefonía convencional tiene costos fijos que la telefonía IP no tiene, de ahí que esta es más barata. Usualmente, para una llamada entre dos teléfonos IP, la llamada es gratuita; cuando se realiza una llamada de un teléfono IP a un teléfono convencional el costo corre a cargo del teléfono IP.

Con VoIP se puede realizar una llamada desde cualquier lado que exista conectividad a internet. Dado que los teléfonos IP transmiten su información a través de internet estos pueden ser administrados por su proveedor desde cualquier lugar donde exista una conexión. Esto es una ventaja para las personas que suelen viajar mucho; estas personas pueden llevar su teléfono consigo siempre teniendo acceso a su servicio de telefonía IP.

La mayoría de los proveedores de VoIP entregan características por las cuales las operadoras de telefonía convencional cobran tarifas aparte. Un servicio de VoIP incluye:

- Identificación de llamadas
- Servicio de llamadas en espera
- Servicio de transferencia de llamadas
- Repetir llamada
- Devolver llamada
- Llamada de 3 líneas o más

Con base en el servicio de identificación de llamadas existen también características avanzadas referentes a la manera en que las llamadas de un teléfono en particular son respondidas.

Con una misma llamada en telefonía IP se puede:

- Desviar la llamada a un teléfono particular
- Enviar la llamada directamente al correo de voz
- Dar a la llamada una señal de ocupado
- Mostrar un mensaje de fuera de servicio

## **2.6. Desventajas de la telefonía IP**

Aun hoy en día existen problemas en la utilización de VoIP; queda claro que estos problemas son producto de limitaciones tecnológicas y se verán solucionadas en un corto plazo por la constante evolución de la tecnología.

Algunas de estas limitaciones tecnológicas todavía persisten y se enumeran a continuación:

- VoIP requiere de una conexión de banda ancha: con la constante expansión que están sufriendo las conexiones de banda ancha; todavía hay hogares que tienen conexiones por módem, este tipo de conectividad no es suficiente para mantener una conversación fluida con VoIP. Sin embargo, este problema se vera solucionado a la brevedad, por el sostenido crecimiento de las conexiones de banda ancha.
- VoIP requiere de conexión eléctrica: en caso de un corte eléctrico a diferencia de los teléfonos VoIP, los teléfonos de la telefonía convencional siguen funcionando. Esto es así porque el cable telefónico es todo lo que un teléfono convencional necesita para funcionar.
- Llamadas al 911: estas también son un problema con un sistema de telefonía VoIP. Como se sabe, la telefonía IP utiliza direcciones IP para identificar un número telefónico determinado; el problema es que no existe forma de asociar una dirección IP a un área geográfica; como cada ubicación geográfica tiene un número de emergencias en particular, no es posible hacer una relación entre un número telefónico y su correspondiente sección en el 911. Para arreglar esto quizás en un futuro, se podría incorporar información geográfica dentro de los paquetes de transmisión del VoIP.
- Dado que VoIP utiliza conexión de red, la calidad del servicio se ve afectado por la calidad de esta línea de datos; esto quiere decir que la calidad de una conexión VoIP se puede ver afectada por los problemas como la alta latencia (tiempo de respuesta) o la pérdida de paquetes.

- Las conversaciones telefónicas se pueden ver distorsionadas o incluso cortadas por este tipo de problemas. Es indispensable para establecer conversaciones VoIP satisfactorias contar con una cierta estabilidad y calidad en línea de datos.
- VoIP es susceptible a virus, gusanos y *hacking*, a pesar de que esto es muy raro y los desarrolladores de VoIP están trabajando en la encriptación para solucionar este tipo de problemas.
- En los casos en que se utilice un *softphone* la calidad de la comunicación VoIP se puede ver afectada por la PC; puede decirse que se está realizando una llamada y en un determinado momento se abre un programa que utiliza el 100% de la capacidad de su CPU, en este caso crítico la calidad de la comunicación VoIP se puede ver comprometida porque el procesador se encuentra trabajando a tiempo completo; por eso es recomendable utilizar un buen equipo junto con su configuración VoIP.

De todos modos, con la evolución tecnológica la telefonía IP va a superar estos problemas y se estima que reemplace a la telefonía convencional en un corto plazo.

## **2.7. Códecs VoIP**

Un códec, que viene del inglés *coder-decoder*, convierte una señal de audio analógico en un formato de audio digital para transmitirlo y luego convertirlo nuevamente en un formato descomprimido de señal de audio, para poder reproducirlo. Esta es la esencia del VoIP, la conversión de señales entre analógico-digital.

Los códecs realizan esta tarea de conversión tomando muestras de la señal de audio miles de veces por segundo; por ejemplo el códec G.711 toma 64 000 muestras por segundo. Convierte cada pequeña muestra en información digital y la comprime para su transmisión. Cuando las 64 000 muestras son reconstruidas, los pedacitos de audio que se pierden entre estas son tan pequeños que es imposible para el oído humano notar pérdida, esta suena como una sucesión continua de audio. Existen diferentes frecuencias de muestreo de la señal en VoIP, esto depende del códec que se esté usando:

- 64 000 veces por segundo
- 32 000 veces por segundo
- 8 000 veces por segundo

Figura 19. **Códec G.711**



Fuente: [www.movilsecuritydvr.com](http://www.movilsecuritydvr.com). Consulta: abril de 2013.

Un códec G728A tiene una frecuencia de 8 000 veces por segundo y este es el códec mayormente usado en VoIP. Tiene el balance justo entre calidad de sonido y eficiencia en el uso de ancho de banda.

### **2.7.1. Funcionamiento de los códec VoIP**

Los códecs operan usando algoritmos avanzados que les permiten tomar las muestras, ordenarlas, comprimirlas y empaquetar los datos. El algoritmo CS-ACELP (*conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction*) es uno de los algoritmos más comunes en VoIP. CS-ACELP ayuda a organizar el ancho de banda disponible.

El anexo B de este algoritmo CS-ACELP es el que crea la regla que dice “si ninguno está transmitiendo, no mandar ninguna información”. Como se mencionó anteriormente, la eficiencia creada por esta regla es una de las cosas más importantes en las que el intercambio de paquetes es superior a la conmutación de circuitos. Es el anexo B en este algoritmo él es responsable de esta regla en las llamadas VoIP.

## **2.8. Protocolos en la telefonía IP**

Existen varios protocolos comúnmente usados para VoIP, estos protocolos definen la manera en que por ejemplo los códec se conectan entre sí y hacia otras redes usando VoIP. Estos también incluyen especificaciones para códec de audio.

### **2.8.1. Protocolo H.323**

Es una recomendación del ITU-T (International Telecommunication Union), que define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red.



A partir del 2000 se encuentra implementada por varias aplicaciones de internet que funcionan en tiempo real como Microsoft Netmeeting y Ekiga (anteriormente conocido como GnomeMeeting, el cual utiliza la implementación OpenH323). Es una parte de la serie de protocolos H.32x, los cuales también dirigen las comunicaciones sobre RDSI, RTC o SS7.

H.323 es utilizado comúnmente para voz sobre IP (VoIP, telefonía de internet o telefonía IP) y para videoconferencia basada en IP. Es un conjunto de normas (recomendación paraguas) ITU para comunicaciones multimedia que hacen referencia a los terminales, equipos y servicios, estableciendo una señalización en redes IP. No garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite pasarelas, permitiendo usar más de un canal de cada tipo (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo.

La topología clásica de una red basada en H-323 es:

- **Portero:** realiza el control de llamada en una zona. Es opcional pero su uso está recomendado, de modo que si existe, su uso será obligatorio. Traduce direcciones, ofrece servicio de directorio, control de admisión de terminales, control de consumo de recursos y procesa la autorización de llamadas, así como también puede encaminar la señalización.
- **Pasarela:** es el acceso a otras redes, de modo que realiza funciones de transcodificación y traducción de señalización.
- **MCU:** soporte multiconferencia. Se encarga de la negociación de capacidades.

Se creó originalmente para proveer de un mecanismo para el transporte de aplicaciones multimedia en LANs (redes de área local) pero ha evolucionado rápidamente para dirigir las crecientes necesidades de las redes de VoIP.

Un punto fuerte de H.323 era la relativa y temprana disponibilidad de un grupo de estándares, no solo definiendo el modelo básico de llamada, sino que además definía servicios suplementarios, necesarios para dirigir las expectativas de comunicaciones comerciales. H.323 fue el primer estándar de VoIP en adoptar el estándar de IETF de RTP (protocolo de transporte en tiempo real) para transportar audio y vídeo sobre redes IP.

H.323 está basado en el protocolo RDSI Q.931 y está adaptado para situaciones en las que se combina el trabajo entre IP y RDSI, y respectivamente, entre IP y QSIG. Un modelo de llamada, similar al modelo de RDSI, facilita la introducción de la telefonía IP en las redes existentes de RDSI, basadas en sistemas PBX. Por esto es posible el proyecto de una migración sin problemas hacia el IP, basado en sistemas PBX.

Dentro del contexto de H.323, un IP basado en PBX es, en palabras sencillas, un *gatekeeper* más algunos servicios suplementarios.

H.323 tiene referencias hacia algunos otros protocolos de ITU-T como:

- H.225.0: protocolo utilizado para describir la señalización de llamada, el medio (audio y video), el empaquetamiento de las tramas, la sincronización de tramas de medio y los formatos de los mensajes de control.

- H.245: protocolo de control para comunicaciones multimedia. Describe los mensajes y procedimientos utilizados para abrir y cerrar canales lógicos para audio, video y datos, capacidad de intercambio, control e indicaciones.
- H.450: describe los servicios suplementarios.
- H.235: describe la seguridad de H.323.
- H.239: describe el uso de la doble trama en videoconferencia, normalmente uno para video en tiempo real y la otro para presentación.
- H.281: describe el control de cámara lejana para movimientos PTZ (Pan-Tilt-Zoom)

### **2.8.2. Session initiation protocol**

También conocido como SIP; es un protocolo de control y señalización usado mayoritariamente en los sistemas de telefonía IP, que fue desarrollado por el IETF (RFC 3261).

Dicho protocolo permite crear, modificar y finalizar sesiones multimedia con uno o más participantes y sus mayores ventajas recaen en su simplicidad y consistencia.

Hasta la fecha, existían múltiples protocolos de señalización tales como el H.323 de la ITU, el SCCP de Cisco o el MGCP, pero parece que poco a poco SIP está ganando la batalla del estándar.

Cisco está progresivamente adoptando SIP como protocolo en sus sistemas de telefonía IP en detrimento de H.323 y SCCP; Microsoft ha elegido SIP como protocolo para su nuevo OCS (*office communication server*), los operadores (móvil y fijo) también están implementando SIP dentro de su estrategia de convergencia, aprovechando de este modo la escalabilidad e interoperabilidad que proporciona el protocolo SIP.

El protocolo SIP actúa de forma transparente, permitiendo el mapeo de nombres y la redirección de servicios, ofreciendo así la implementación del a IN (*Intelligent Network*) de la PSTN o RTC.

Para conseguir los servicios de la IN, el protocolo SIP dispone de distintas funciones. A continuación se enumeran las más importantes:

- Localización de usuarios (SIP proporciona soporte para la movilidad).
- Capacidades de usuario (SIP permite la negociación de parámetros).
- Disponibilidad del usuario.
- Establecimiento y mantenimiento de una sesión.

En definitiva, el protocolo SIP permite la interacción entre dispositivos, cosa que se consigue con distintos tipos de mensajes propios del protocolo que abarca esta sección. Dichos mensajes proporcionan capacidades para registrar e invitar un usuario a una sesión, negociar los parámetros de una sesión, establecer una comunicación entre dos a más dispositivos y por último finalizar sesiones.

### 2.8.2.1. Beneficios del protocolo SIP

Los aspectos más importantes del protocolo son:

- El control de llamadas es *stateless* o sin estado, y proporciona escalabilidad entre los dispositivos telefónicos y los servidores.
- SIP necesita menos ciclos de CPU para generar mensajes de señalización, de forma que un servidor podrá manejar más transacciones.
- Una llamada SIP es independiente de la existencia de una conexión en la capa de transporte.
- SIP soporta autenticación de llamante y llamado, mediante mecanismos HTTP.
- Autenticación, criptográfica y encriptación son soportados salto a salto por SSL/TSL, pero SIP puede usar cualquier capa de transporte o cualquier mecanismo de seguridad de HTTP, como SSH o S-HTTP.
- Un proxy SIP puede controlar la señalización de la llamada y puede bifurcar a cualquier número de dispositivos simultáneamente.

En definitiva, se puede observar que SIP es un protocolo con una gran escalabilidad, modular y muy apto, para convertirse en el futuro inmediato de VoIP.

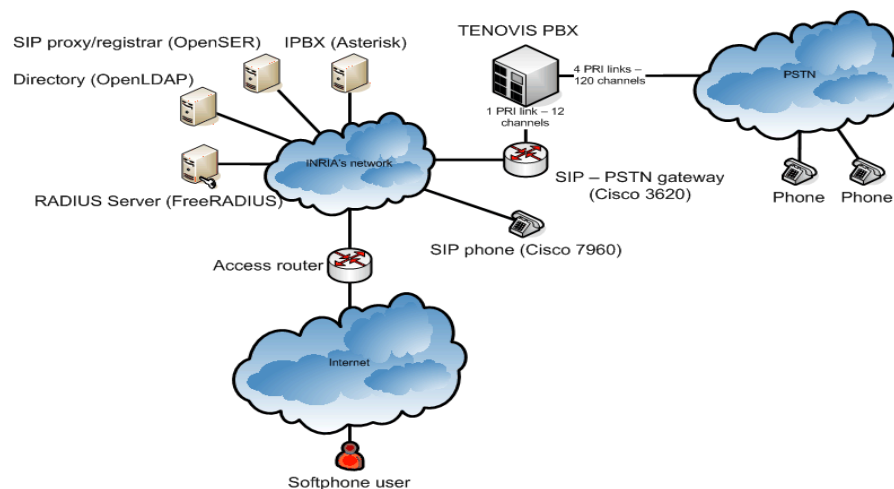
### 2.8.2.2. Arquitectura SIP

El estándar define varios componentes SIP y hay varias formas de implementarlos en un sistema de control de llamadas.

- *Servidores User Agent*
- *Proxies*
- *Registrars*
- *Location*

A menudo, estos elementos son entidades lógicas que se ubican todas juntas para conseguir una mayor velocidad de procesamiento que dependerá a su vez de una buena configuración.

Figura 20. **Arquitectura SIP**



Fuente: [www.dorlet.com](http://www.dorlet.com). Consulta: abril de 2013.

## **2.9. Red actual de voz**

A lo largo de los años, en Guatemala se han usado líneas de señal análoga y en la Universidad de San Carlos no ha sido la excepción; ya que dentro del campus central se pueden observar estaciones con teléfonos convencionales y muchas cabinas públicas que utilizan la misma tecnología.

La red de voz actual de la Universidad de San Carlos es una PBX o como se le llama en el ámbito de las telecomunicaciones un E1 de voz, el cual es un formato de transmisión digital.

Su nombre fue dado por la administración de la conferencia europea de administraciones de correos y telecomunicaciones (CEPT); organismo internacional que agrupa a las entidades responsables en la administración pública de cada país europeo de las políticas y la regulación de las comunicaciones, tanto postales como de telecomunicaciones. Es una implementación de la portadora-E, la cual forma parte del sistema PDH en el que un grupo de circuitos E1 se puede empaquetar sobre enlaces E3, de mayor capacidad entre dos centrales telefónicas.

Esto permite al operador de redes proporcionar circuitos privados E1 de extremo a extremo, entre clientes ubicados en diferentes países y que comparten entre ellos enlaces comunes de alta capacidad.

El formato de la señal E1 lleva datos en una tasa de 2,048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps por cada uno; de los cuales treinta y uno son canales activos simultáneos para voz o datos en SS7 (sistema de señalización número 7).

En R2 el canal 16 se usa para señalización, por lo que están disponibles 30 canales para voz o datos. E1 lleva una tasa de datos algo más alta que el T-1 que lleva 1544 millones de bits por segundo) porque a diferencia de T-1, no hace el *bit-robbing* y los ocho bits por canal se utilizan para cifrar la señal.

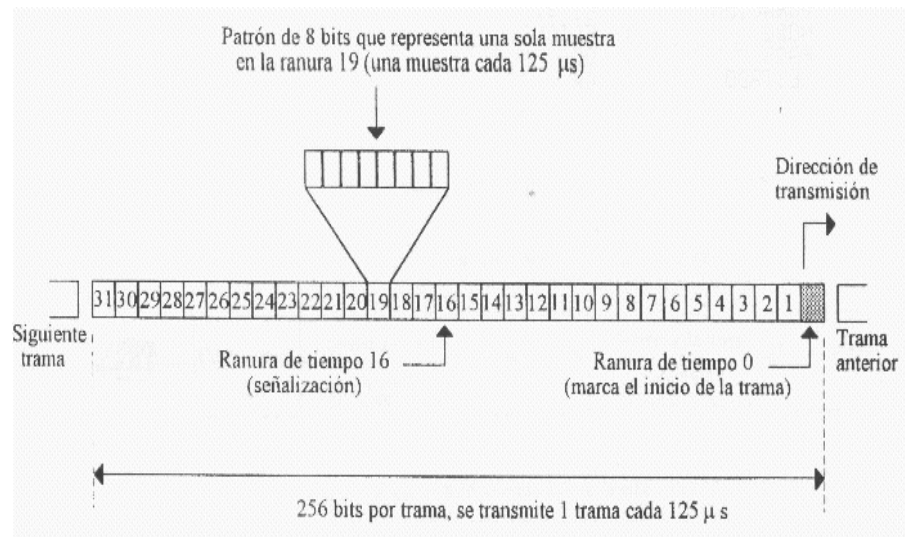
Un enlace E1 opera sobre dos juegos separados de cable; usualmente es un cable coaxial. Una señal nominal de 2.4 voltios es codificada con pulsos, usando un método que evita periodos largos sin cambios de polaridad. La tasa de línea es de 2.048 Mbps el cual está abierta en 32 segmentos de tiempo, llamados *time slots*; cada uno tiene un turno direccionado de 8 bits. De esa manera cada casilla envía y recibe un número de 8 bits, muestreado a 8 000 veces por segundo. Esto es ideal para llamadas telefónicas de voz, en donde esta es muestreada en un número de 8 bits y esa tasa de datos es reconstruida en el otro extremo.

Una casilla de tiempo TS0 es reservada para efectos de segmentación, y transmite alternadamente un patrón arreglado. Esto permite al receptor detectar el inicio de cada trama y encontrar cada canal en el turno. Los estándares permiten que se realice un chequeo de redundancia cíclica a través de todos los bits transmitidos en cada segmento, para detectar si el circuito los está perdiendo, pero esto no siempre es usado.

Una casilla de tiempo TS16, es usualmente reservada para propósitos de señalización, para controlar la configuración de la llamada y desmonte, de acuerdo con varios protocolos estándar de telecomunicaciones.



Figura 21. Trama digital



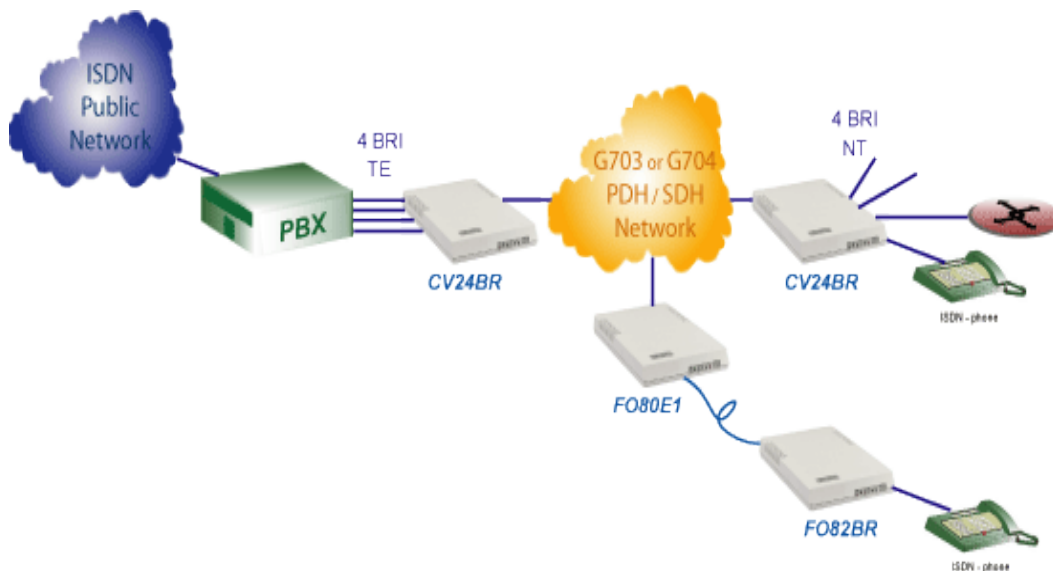
Fuente: [www.oocities.com](http://www.oocities.com). Consulta: abril de 2013.

Esto incluye señalización de canales asociados (*Channel Associated Signaling-CAS*) en donde un juego de bits es usado para replicar la apertura y cierre del circuito (como si se descolgara y se marcará en un teléfono analógico). Sistemas más recientes usan señalización de canal común (*Common Channel Signaling-CCS*) como ISDN o sistema de señalización número 7 (*SS7- Signalling System 7*) el cual envía pequeños mensajes codificados con mas información de la llamada, incluyendo identificador de llamada (*caller ID*), tipo de transmisión requerida, etc.

ISDN es usado normalmente entre nodos locales de telefónica y negocios principales, mientras que el SS7 se puede manejar hasta 4096 circuitos por canal de señalización; de esa manera es levemente más eficiente en el uso total de la transmisión del ancho de banda.

PRI ISDN (30B + 1D), PRI significa interface de velocidad primaria en Europa se utiliza PRA (acceso de velocidad primaria), en Guatemala se utiliza el termino europeo; B se le llama a los canales que pueden transmitir voz y datos y D a los canales que se utilizan para señalización. Este tipo de configuración contiene un gran número de canales B y un canal D con un ancho de banda de 64 Kbps; el número de canales B puede variar dependiendo el país; debido a que se utiliza la norma europea, se tienen 30 canales utilizables y 1 canal de señalización, con una tasa total de 2.048 Mbits.

Figura 22. Red ISDN



Fuente: [www.Shirlyrojas.blogspot.com](http://www.Shirlyrojas.blogspot.com). Consulta: abril de 2013.

A diferencia de los anteriores sistemas *T-carrier*, desarrollados en Norteamérica, los 8 bits de cada muestreo están disponibles en cada llamada. Esto permite al sistema E1 ser usado igualmente para circuitos de llamadas de datos, sin riesgos de pérdida de información.

La RDSI se integra en el esquema de capas OSI (Open Systems Interconnection), en el que cada nivel realiza un subconjunto de las funciones requeridas para la comunicación, cuyo esquema de funcionamiento es el siguiente:

- Nivel físico: realiza la transmisión de cadenas de bits, sin ninguna estructuración adicional, a través del medio físico. Tiene que ver con las características mecánicas, eléctricas, funcionales y los procedimientos para el acceso al medio físico.
- Nivel de enlace: se encarga de la transferencia fiable de información a través del enlace físico, enviando los bloques de datos (tramas o *frames*), con la sincronización, control de errores y control de flujo necesarios.
- Nivel de red: proporciona a los niveles superiores la independencia de la transmisión de los datos y de las tecnologías de conmutación, empleadas para la conexión de los sistemas. Es responsable de establecer, mantener y terminar las conexiones.
- Nivel de transporte: proporciona la transferencia de datos, fiable y transparente entre dos puntos. Facilita la corrección de errores y el control de flujo entre dichos puntos.
- Nivel de sesión: facilita las estructuras de control para la comunicación entre aplicaciones. Establece, dirige y termina las conexiones (sesiones) entre aplicaciones que se comunican.

- Nivel de presentación: proporciona independencia a los procesos de aplicación respecto de las diferencias de representación de los datos (formatos, sintaxis, etc.).
- Nivel de aplicación: suministra el acceso al entorno OSI por parte de los usuarios y proporciona los servicios de información distribuida.

La arquitectura del protocolo RDSI, respecto de los niveles OSI, se define:

Figura 23. **Arquitectura del protocolo RDSI respecto del modelo OSI**

Aplicación	Señalización de usuario extremo a extremo	Protocolos OSI				
Presentación						
Sesión						
Transporte						
Red	Control de llamada I.451	X.25 Paquetes			X.25 Paquetes	
Enlace	LAP-D (I.441)				X.25 LAP-B	
Físico	Nivel 1 (I.430, I.431)					
	Señalización	Conmutación de paquetes	Telemetría	Conmutación de circuitos	Circuitos punto a punto	Conmutación de paquetes
	Canal D			Canal B		

Fuente: Wikipedia la enciclopedia libre, [http://es.wikipedia.com/Protocolo\\_Rdsi](http://es.wikipedia.com/Protocolo_Rdsi). Consulta: abril de 2013.

Las funciones del nivel físico incluyen:

- Codificación de los datos a ser transmitidos
- Transmisión de datos en modo *full dúplex*, a través del canal B

- Transmisión de datos en modo *full dúplex*, a través del canal D
- Multiplexado de los canales para formar la estructura BRI o PRI
- Activación y desactivación de los circuitos físicos
- Alimentación del terminador de la red al dispositivo terminal
- Identificación del terminal
- Aislamiento de terminales defectuosos
- Gestión de accesos al canal D

El enlace de los canales se produce a través del procedimiento LAP-B (*Link access procedure balanced*).

El protocolo LAP-B es un subconjunto del protocolo HDLC (*High-level Data Link Control*), que puede proporcionar la conexión entre el usuario y la red a través de un enlace simple, por ejemplo en un canal B.

Asimismo, el protocolo LAP-D, derivado del anterior, proporciona una o más conexiones sobre un mismo canal (D), y por tanto permite cumplir con los requerimientos de señalización para múltiples canales B, asociados a un único canal D. La funcionalidad del protocolo LAP-D permite:

- Mensajes a un único o múltiples (*broadcast*) destinatarios.
- En caso de un único destinatario, se garantiza que no hay pérdida de ningún mensaje, así como su transmisión libre de errores, en la secuencia en que son originados.
- En caso de mensajes tipo "*broadcast*", LAP-D garantiza la transmisión libre de errores en la secuencia original, pero si hay errores durante la transmisión, los mensajes se pierden.

LAP-D proporciona direccionamiento y chequeo de errores en la capa 2, mediante una secuencia de verificación de tramas (FCS o Frame Check Sequence).

El SAPI o identificador de punto de acceso al servicio (*Service access point identifier*), mantiene aparte la información de las diferentes formas del canal D. SAPI 0 es para indicar información de señalización; SAPI 1 es para conexiones de paquetes de datos, empleando el protocolo RDSI Q.931; SAPI 16 es para paquetes de datos según las recomendaciones X.25 (nivel 3), y SAPI 63 se emplea para la información de gestión de LAP-D. Las otras posibilidades están reservadas para usos futuros.

El TEI o identificador de terminal (*terminal endpoint identifier*), es la segunda parte de la dirección LAP-D, y permite que sean identificados diferentes dispositivos en un determinado grupo. Esta dirección es empleada en el canal D, y sin ser confundida con ninguna dirección de la capa 3, que corresponden a la red (por ejemplo, una dirección X.25).

Figura 24. **TID**

Bits:				6			1-2	8-1.024		
Contenido:	lag	/R	A0	SAPI	A1	EI	Control	Información	CS	lag

Fuente: <http://es.wikipedia.com/wiki/TID>. Consulta: abril de 2013.

Los modos de operación de LAP-D permiten realizar el reconocimiento de la correcta recepción (*acknowledge mode*) de tramas múltiples en el caso de un

único destinatario, o bien no realizarlo (*unacknowledge mode*) en caso de mensajes tipo *broadcast*.

Se pueden establecer 3 tipos básicos de conexiones RDSI:

- Llamadas de conmutación de circuitos a través del canal B: en las que la preparación se realiza a través del canal D.
- Llamadas de conmutación de paquetes a través del canal B: en las que la preparación se realiza a través del canal D, para la conexión de conmutación de circuitos a un nodo de conmutación de paquetes (de la operadora o privado).
- Llamadas de conmutación de paquetes a través del canal D: en las que el tráfico de paquetes es multiplexado con las señales de control en la capa de enlace (*internetworking* con canales B).

La señalización del canal D (Q.931), realiza las siguientes funciones:

- Verificación de compatibilidad: asegura que reaccionen a una llamada aquellos equipos compatibles en una línea RDSI
- Subdireccionamiento
- Presentación de números
- Establecimiento de la llamada
- Selección del tipo de conexión (conmutación de paquetes o de circuitos)
- Generación de corrientes y tonos de llamada
- Señalización usuario a usuario (de forma transparente a la red)
- Soporte de facilidades y servicios adicionales

Los mensajes empleados para la señalización son:

- *SETUP*: para iniciar una llamada.
- *ALERTING*: para indicar el inicio de la fase de generación del tono.
- *CONNECT*: para señalar el comienzo de la conexión
- *CONNECT ACKNOWLEDGE*: reconocimiento local del mensaje de conexión.
- *DISCONNECT*: enviado por el terminal cuando va a colgar.
- *RELEASE*: respuesta a un mensaje de desconexión, iniciando la misma.
- *RELEASE COMPLETE*: reconocimiento local del mensaje de desconexión, confirmando la liberación correcta de la llamada.
- *CALL PROCEEDING*: enviada por la central a un terminal intentando establecer una llamada una vez ha sido analizado el número al cual se ha llamado.
- *SETUP ACKNOWLEDGEMENT*: confirmación por la central, de la recepción del mensaje de SETUP, en caso de precisarse de información adicional para completar la llamada.
- *USER INFORMATION*: para la señalización usuario a usuario.



- *INFORMATION*: empleado por el terminal para enviar información adicional a la central en cualquier momento, durante una llamada.
- *NOTIFY*: usado por la central para enviar información a un terminal, en cualquier momento, durante una llamada.

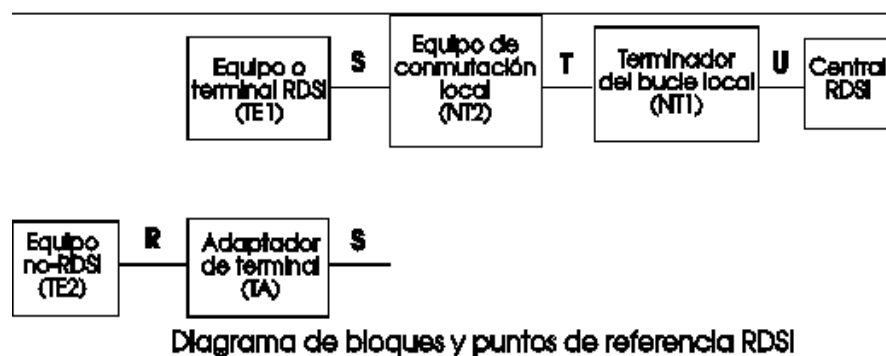
Los elementos importantes, durante el envío de los mensajes de señalización, son:

- Número llamado: incluido en SETUP.
- Subdirección llamada: usada durante la llamada para seleccionar un equipo determinado.
- Número y subdirección del iniciador de la llamada: empleados en SETUP para identificar el origen de la llamada.
- *BC (Bearer capability)*: empleado durante SETUP, para seleccionar el tipo de conexión.
- *HLC (High layer compatibility)*: empleado en SETUP por el equipo originario de la llamada, para identificar el servicio requerido y verificado por el equipo llamado, para comprobar su compatibilidad.
- *LLC (Low layer compatibility)*: empleado en SETUP por el equipo originario, para especificar como ha sido codificada la información para el servicio.

- Número y subdirección conectados: enviado al originario de la llamada para identificar al equipo con el que realmente se ha establecido la conexión.
- Indicador de situación: empleado para describir el estado de la conexión o para indicar el acceso al canal B, aún no habiendo sido completada la llamada.
- Visualización: utilizado en NOTIFY para proporcionar un mensaje en la pantalla de un terminal RDSI.
- *Facilidades de teclado*: empleados para introducir información adicional desde un teclado del terminal, una vez que han sido introducidos los datos relativos al número y subdirección del terminal llamado.
- Información usuario a usuario.

Se puede definir una conexión RDSI según el siguiente diagrama:

Figura 25. Diagrama RDSI



Fuente: [www.consulintel.es](http://www.consulintel.es). Consulta: abril de 2013.

Mientras que el estándar CEPT G703, el cual es un estándar ITU que describe las características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas para la transferencia de datos entre dos equipos a través de circuitos digitales, presenta un método para codificar la señal que se transmite entre los dos extremos de la comunicación.

Se utiliza de forma casi exclusiva el formato HDB3, el cual es un código binario de telecomunicaciones usado en Japón, Europa y Australia y está basado en el código AMI, usando una de sus características principales que es invertir la polaridad de los unos (pulsos positivos) para eliminar la componente continua.

Consiste en substituir secuencia de bits que provocan niveles de tensión constantes, por otras que garantizan la anulación de la componente continua y la sincronización del receptor.

La longitud de la secuencia queda inalterada, por lo que la velocidad de transmisión de datos es la misma; además debe ser capaz de reconocer secuencias de datos especiales.

Físicamente este tipo de servicio sale de un puerto en el equipo de la red de acceso del proveedor, luego viaja a través del cable de abonado por medio de postes y pozos para llegar a un módem especial, para luego entrar a la planta telefónica, la cual es de un proveedor distinto; después se dirige hacia cada estación por medio de cables de teléfono y conectores RJ11.

Figura 26. **Modem Aethra AS2033 para PRAS**



Fuente: [www.aethra.com](http://www.aethra.com). Consulta: abril de 2013.

## **2.10. Razones para migrar la red de voz**

Luego de conocer más a fondo los dos tipos de servicio, se puede dar una mejor idea de los beneficios que traería una red de voz sobre IP.

El costo de operación se reduciría considerablemente, ya que se eliminaría el servicio TDM y únicamente se acondicionaría el servicio de datos que se tiene actualmente, para que sea capaz de soportar el tráfico que pasaría a través de él. La calidad en las llamadas mejoraría considerablemente, ya que no serían afectadas tan fácilmente por ruido u otros factores externos. Se utilizarían equipo más moderno reemplazando el equipo obsoleto que se tenga.

Se ahorraría cableado ya que solo se utilizaría el cableado del servicio de datos que se tiene.

La planta telefónica sería un servidor manejado por personal de la universidad, el cual lo puede configurar de la forma que a ellos mejor les parezca con ciertas restricciones y permisos por usuario.

### **3. DESARROLLO DE UNA CENTRAL DE TELEFONÍA FIJA VOIP EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

#### **3.1. Antecedentes**

En la Universidad de San Carlos de Guatemala la telefonía fija se introdujo desde los inicios de las redes fijas en Guatemala.

El servicio fue prestado por Guatel en sus inicios, proporcionando líneas por separado las cuales necesitaban líneas de abonado individuales para cada una, lo cual hacía que se congestionaran de cables los posteados internos y en el interior de los edificios se acumulaban a la vista cables sueltos.

Posteriormente se da el cambio del servicio y se contrató una PBX, lo cual hizo que la congestión en los posteados desapareciera y aumentó la calidad de voz en las llamadas pero no eliminó el problema de cableados internos en los edificios.

Al pasar de los años no se le ha dado mantenimiento a la red de voz por lo cual se dan muchas quejas de las autoridades de cada Facultad, por la calidad de este servicio.

El proyecto es el primero en su especie para esta institución, por lo que se puede dar una referencia de instituciones privadas, las cuales comentan que este servicio es de muy buena calidad; les eliminó costos excesivos en cuanto a llamadas telefónicas y les ayudó a no saturar sus ductos internos.

Mencionan que lo más importante es tener un buen diseño de su red interna en lo cual incluyen cableados, equipos y personal de operación.

### **3.2. Necesidad insatisfecha y problema por resolver**

A continuación se enumerarán las necesidades o problemas más importantes que se deben tomar en cuenta:

- Se ha observado que la calidad del servicio telefónico fijo ha disminuido y sigue la tendencia a decaer.
- Las extensiones telefónicas pueden estar inhabilitadas en cualquier momento, debido a fallas en la red cableada o equipos antiguos o tener problemas de ruido.
- La totalidad de llamadas entrantes supera el número de llamadas que puede soportar el servicio, por lo que se pierden llamadas.
- Se le debe dar mantenimiento a la red de datos y la de voz, lo cual implica un gasto doble.
- El mayor motivo de la pérdida de llamadas es que el servicio actual está por quedar obsoleto.
- El efecto más importante es que se perderá paulatinamente la comunicación interior y exterior de la universidad.

### **3.3. Localización geográfica**

El proyecto empezará en la sede central de la Universidad de San Carlos y por etapas se ejecutará también en las extensiones departamentales.

A continuación se describen los diversos centros universitarios que pertenecen a la Universidad de San Carlos de Guatemala:

- Centro Universitario de Occidente (CUNOC)
- Centro Universitario de Izabal (CUNIZAB)
- Centro Universitario de Oriente (CUNORI)
- Centro Universitario de Petén (CUDEP)
- Centro Universitario del Norte (CUNOR)
- Centro Universitario de Suroriente (CUNSORORI)
- Centro Universitario de Santa Rosa (CUNSARO)
- Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC)
- Centro Universitario de San Marcos (CUSAM)
- Centro Universitario de Noroccidente (CUNOROC)
- Centro Universitario del Sur (CUNSUR)
- Centro Universitario de Chimaltenango
- Centro Universitario de Jutiapa
- Centro Universitario de Quiché (CUQ)
- Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV)
- Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS)
- Centro Universitario Metropolitano (CUM)

### **3.4. Identificación de los beneficios esperados**

Se espera que con la implementación del nuevo servicio y la nueva red, todos los trabajadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala obtengan los siguientes beneficios:

- Mejor calidad en sus llamadas, sin interferencia, ruido o cualquier otro tipo de circunstancia que afecte el servicio.
- Mejorar el medio de transmisión entre la ISTP y la planta IP-PBX, ya que al contratar este servicio se cambia el cable de cobre por fibra óptica.
- Mejorar la conexión entre la central y sus extensiones, ya que el MPLS necesita equipos de transmisión diferentes, más robustos y de mayor calidad; se pedirá que los enrutadores sean marco Cisco.
- Mejorar la red interna de la sede central y sus extensiones; se cambiarán cableados defectuosos y los equipos en cada estación.

### **3.5. Estructuración de la red interna**

La red interna debe tener un ordenamiento lógico y buscando las rutas óptimas para el traslado de la información.

#### **3.5.1. Equipos a utilizar**

Para estructurar la red se necesita una gama de equipos los cuales realizaran la interconexión entre unidades.



### **3.5.1.1. IP-PBX**

Un sistema de telefonía IP PBX o de VOIP reemplaza una central tradicional o sistema de teléfono y da a los empleados un número de extensión, la capacidad de conferencia, transferencia y marcar a otras extensiones. Todas las llamadas se envían a través de paquetes de datos a través de una red, en vez de la red telefónica tradicional. Con el uso de una pasarela VOIP, se puede conectar líneas telefónicas existentes a la central IP, para hacer y recibir llamadas telefónicas a través de una línea regular PSTN.

Debido a que una parte importante de la funcionalidad PBX IP se proporciona en el software, que es relativamente barato, hace que sea fácil de añadir funcionalidad adicional, tales como conferencias, el control de XML-RPC de llamadas en vivo, respuesta de voz interactiva (IVR), TTS / ASR (texto al habla / reconocimiento automático del habla), red telefónica pública conmutada (PSTN) la capacidad de interconexión de apoyo tanto de circuitos analógicos y digitales, voz sobre protocolos IP, incluyendo SIP, el intercambio Inter-Asterisk, H.323, Jingle (extensión del protocolo XMPP introducido por Google Talk ) y otros.

El servicio presenta las siguientes características:

- Extensiones ilimitadas
- Operadores automáticos ilimitados
- Buzones de voz ilimitados
- Integración de teléfono celular
- Megafonía integrada / techo (sistema PA)
- Teléfonos remotos

- Interfaz de usuario avanzada (incluyendo *Find Me / Follow Me*, mensajería unificada, grabaciones de llamadas, correo de voz Wav).
- Grupos de extensiones
- *Auto provisioning*
- Extensión flexibilidad rango
- *Caller ID* personalización
- *DID Direct Inward Dialing*
- *Find Me / Follow Me*
- Extensión de grabación de llamadas
- En la grabación Fly
- Devolución de llamadas
- Devolución de llamada de voz
- Correo de voz a correo electrónico
- Notificación de correo de voz SMS
- Correo de voz acceso Web
- Bypass de correo de voz
- Intuitivo *Ready VoIP*
- *Voicemail* Explosión grupos
- VoIP *ready*
- *Inbound call description*
- Compresión VoIP
- Integración con Outlook
- Interface anuncio
- Llamada de salida
- Captura de llamada
- Diagnóstico del sistema
- Multivendedor opciones del teléfono
- Soporte telefónico analógico

- BYO Móviles
- Llamada estacionaria
- Marcado por nombre directorio
- Informes
- Integración CRM
- Servidores vinculados a distancia
- Consola del operador
- Reglas de enrutamiento personalizado
- Salones para conferencias
- *Outbound dial* mapa
- Números de marcación rápida
- Apoyo del banco canal
- Música múltiple en espera
- Analógico y digital T1 *Ready*
- PSTN o digital de conmutación por error
- *NIS Routing*
- *Advanced routing* (IVR)
- *Fast pass*
- Notificación de la posición de la persona que llama
- El desvío de llamadas automático
- Mensajería unificada
- *Call screening*
- *ANI routing*
- *DNIS routing*
- Movilidad mejorada
- Proveedor VoIP personalizada
- Desarrollo profesional
- Soporta Fax

- Fax a correo electrónico
- Fax a PDF
- Clic para marcar
- *Softphone*
- Transferencia de llamadas
- Llamada de conferencia
- Monitoreo en vivo

Figura 27. **Planta telefónica VoIP**



Fuente: [www.gtvoz.com](http://www.gtvoz.com). Consulta: mayo de 2013.

### 3.5.1.2. **FMUX**

Debido a que serán varios los puntos de entrega, se ha escogido la modalidad de entregar por FMUX, ya que se puede aprovechar para entregar también servicios de datos.

Se ha elegido la marca: FMUX01A

FMUX01A es un multiplexor de fibra modular, el cual puede entregar servicios n x E1, n x T1, Ethernet Bridge y servicios de datos n x V.35, V.24, X.21, RS-530 y combinaciones entre estos, de acuerdo con los requerimientos de la red.

Los equipos se conectan punto a punto "*back to back*" mediante fibra óptica, monomodo o multimodo para cubrir distancias desde los 5 hasta 120 Kms, incluyendo la opción de transmisión y recepción en una misma fibra, utilizando tecnología WDM.

El equipo tiene una alta confiabilidad y puede contar con redundancia en alimentación como en la interfaz de línea (óptica).

Todas las tarjetas de línea ofrecen transmisión transparente sin importar el modo de trama o la asignación de ranura de tiempo. Hay tarjetas opcionales disponibles para señal de reloj externa y SNMP. La configuración estándar del FMUX 01A puede ser vista o modificada desde el LCD del panel frontal, con una conexión terminal VT-100 o por medio de Telnet/SNMP con opción SNMP.

FMUX01A tiene las siguientes ventajas:

- Capacidad de 4, 8, 12 o 16 canales de servicios.
- Interfaces de servicios n x E1, n x T1, n x V.xx, n x Ethernet, con combinaciones híbridas.
- Sistema de autoapagado de láser (ALS) para prevenir riesgos al personal de soporte.

- El chasis cuenta con 5 configuraciones posibles de alimentación: AC (sencillo o doble), DC (sencillo o doble) y AC + DC.
- Los módulos se pueden cambiar con el equipo operando (*hot swap*).
- Reloj de tiempo real (RTC) con batería de emergencia, para evitar pérdidas de temporización en caso de falla eléctrica.
- La configuración se puede guardar en el *flash buffer* en caso de falla eléctrica.
- Estructura modularizada G.703 para E1 y T1.
- Datacom (V.35/RS-449,530/X.21).
- Ethernet Bridge 10/100 Base-T.
- El retraso de propagación de punta a punta es de menos de 2 milisegundos.
- Relevadores de contacto en las alarmas para designarlas como críticas o menos con salidas visuales y auditivas.
- Se puede escalar a software TFTP (para la versión SNMP).
- Funciones de *loop* local y remoto.
- Protección redundante 1+1 para fibra (opcional).

- Puede ser administrado localmente por teclado, telnet o terminal. También por acceso remoto por teclado, terminal, telnet o SNMP (opcional).
- Es una sola unidad, mide 19", montable en *rack* y maneja E1/T1.

### 3.5.1.3. Fibra óptica

Se sabe que actualmente la Universidad de San Carlos posee una ruta de fibra óptica la cual no se tiene ningún plano o información acerca de esta por lo que se propone instalar un nuevo anillo, el cual recorrerá toda la periferia de la Universidad en su sede central.

Se ha elegido la siguiente marca: Corning, debido a su consistencia y robustez, se enlistan sus principales características: ALTOS® LST™ Lite™ Cables, son de diámetro más pequeño, 2-24 fibras en un cable, son de menor peso designados para ductos, se pueden instalar ya sea enterrados o aéreos. El diseño de un tubo holgado proporciona un rendimiento estable en un amplio rango de temperaturas y es compatible con cualquier fibra óptica de telecomunicaciones de calidad.

Tiene las siguientes características y ventajas:

- La cinta de acero corrugada proporciona resistencia a los roedores para aplicaciones de directo enterradas.
- Flexibles, fáciles de enlutar en los cierres.

- Tamaño estándar del tubo de protección reduce el número de herramientas de acceso, necesarias para el personal de trabajo.
- Dry™ Cables, incorporando un diseño innovador de bloqueo del agua, elimina la necesidad de compuesto e inundaciones; proporcionando la preparación del cable eficiente.
- S-Z cadenas, el diseño de tubo holgado aísla las fibras de instalación y rigores ambientales y facilita el acceso de alcance medio.
- Miembros de rigidez dieléctrica no tienen curvatura preferencial y no requieren de unión o conexión a tierra.
- *Jacket* de PE de densidad media es resistente, duradero y fácil de pelar.
- Cumple con los estándares de la industria y las especificaciones incluidas en ICEA-640 y Telcordia, y aparece con RUS 1755.900.

#### **3.5.1.4. Interface de convertidor de medios (IMC)**

Debido a que la transmisión en el anillo es por medio de fibra óptica y la distribución entre los edificios es vía Ethernet, se necesita realizar una conversión de medios, para lo cual se utilizarán IMC en cada ramal del anillo. Se ha elegido la marca AWBU.

Fibra Media Converter es la transmisión de señales entre las líneas de cobre 10/100 M y 100 M enlaces de fibra, efectivamente ampliando la distancia de transmisión de Ethernet de 100 m a 120 Km.



Se utiliza principalmente en banda ancha WAN establecido por los operadores de redes de datos, transmisión, Netcom, Unicom o industrial banda ancha industrial, red privada del gobierno, finanzas, petróleo, policía, fuerza, ferrocarril, alimentación, transporte, educación, etc. Tiene las siguientes características:

- Soporte 10 base-t, 100 Base-TX y 100 Base-FX
- Cobre rentable para la conversión del servicio de *Fast Ethernet* de fibra.
- Usuario configurable FE puerto 10/100 Mbps auto negociación y auto MDI/MDIX.
- MTU hasta 1 600 bytes.
- Usuario configurable de fibra al cobre.
- Disponible para multimodo y monomodo, *single-strand* y doble hebra, corta distancia y larga distancia hasta 120 Km.
- Apoyar la función de *FiberAlter*. Si la señal receptora de fibra es pérdida, a continuación, cortará fuera de la línea de fibra de transmisión automáticamente.
- Disponible con modular y versión independiente, versión modular es alimentación suministrada en chasis FCK14.

Administración local a través de SNMP en el sistema de *FCView*. Tiene las siguientes especificaciones:

- Interfaz fijo: 1 \* interfaz de fibra, 1 \* interfaz de cobre
- Velocidad: interfaz de fibra fija de 100 M, 10/100 M autonegociación interfaz de cobre.
- Consumo de energía: < 3W.
- Dimensiones: 90 \* 27 \* 138 mm (W \* H \* D).
- Temperatura de trabajo: 0 a 55 grados centígrados.
- Humedad de trabajo: ≤90% (25°C).

Figura 28. **Interface media converter**



Fuente: [www.spanish-opticaltransceivers.com](http://www.spanish-opticaltransceivers.com). Consulta: mayo de 2013.

### 3.5.1.5. Switch

Cisco *Catalist* 1900 y 2820 switch edición *enterprise* proporcionan enlaces de alta capacidad y estabilidad, mediante el agregado de *Fast EtherChannel port*. *Fast EtherChannel* puede entregar hasta 400 Mbps de ancho de banda por conexión en modo dúplex completo, ofreciendo enlaces ascendentes óptimos para redes de alta velocidad y servidores de alto rendimiento.

Los switches también ofrecen una administración simplificada, seguridad mejorada y control de difusión a través de ISL VLAN *trunking*.

El *Catalyst 1900 y 2820 Enterprise Edition* switches proporcionan una mayor seguridad al permitir el control de acceso centralizado a través de TACACS.

Contraseñas de la consola multinivel permiten la implementación de una política segura y flexible de control de acceso para la consola del switch. Para facilitar la implementación de una red de gran tamaño, Enterprise Edition cambia la configuración automática de apoyo de múltiples switches a través de un servidor de arranque y se puede gestionar a través del Cisco IOS interface de línea de comandos utilizada (CLI).

Utilizado junto con los routers Cisco, interruptores del chasis y servidores de acceso, switches *Enterprise Edition* proporcionan un rendimiento sin igual de la red, control de gestión y facilidad de uso en un extremo a extremo. Además *network.In* Cisco software líder en la industria, el Catalyst 1900 y 2800 familias de switches están disponibles con una amplia gama de configuraciones para cumplir con los requisitos específicos de la red.

La familia Catalyst 1 900 está disponible con 12 ó 24 puertos 10BaseT, con dos de alta velocidad Fast configuraciones enlaces ascendentes Ethernet, incluyendo dos puertos 100BaseTX, dos puertos de fibra 100BaseFX, o uno de cada uno.

La familia Catalyst 2820 ofrece 24 puertos 10BaseT, con varios módulos de conexión, incluyendo *Fast* Ethernet 100BaseTX, puertos 100BaseFX, puertos ATM 155 Mbps y FDDI fibra o puertos UTP.

Figura 29. **Switch Cisco Catalyst WS-C1900**



Fuente: [www.cisco.com](http://www.cisco.com). Consulta: mayo de 2013.

#### **3.5.1.6. Teléfono IP**

Se eligió la marca Cisco, parte de Cisco Small Business IP Phone Series, Cisco SPA922 IP Phone es una gran opción para ampliación del cualquier oficina del hogar o pequeña empresa, con un servicio alojado de telefonía por internet, un PBX IP, o incluso un despliegue Centrex IP a gran escala.

Además de sus cientos de características, la línea única puede ser configurada así como un número de teléfono único o extensión, o puede compartir un número que se asigna a varios teléfonos. Alimentación a través de Ethernet (PoE) elimina la necesidad de una fuente de alimentación adicional. Las características adicionales de la Cisco SPA922 IP Phone incluyen:

- Puertos Ethernet duales de conmutación, altavoz, identificador de llamadas, llamada en espera y conferencia.
- 802.3af PoE, pantalla de alta resolución gráfica, altavoz y un puerto para auriculares de 2,5 mm.

- El apoyo a una línea con dos líneas de llamada, así como de tres vías de conferencia.
- Una estación se mueve y aparecen líneas compartidas a través de ubicaciones locales y geográficamente dispersas.
- Protocolos de cifrado estándar para proporcionar aprovisionamiento remoto seguro y actualizaciones de software en servicio discreto.
- Medición de los resultados detallados y solución de problemas.

Figura 30. **Teléfono IP Cisco SPA922**



Fuente: [www.cisco.com](http://www.cisco.com). Consulta: mayo de 2012.

### **3.5.2. Estructura lógica de la red interna**

La red interna se deberá estructurar de dos formas o topologías las cuales se describen a continuación.

### 3.5.2.1. Topología primaria

Se utilizará la topología de anillo, ya que cada nodo tiene una única conexión de entrada y otra de salida. Cada nodo tiene un receptor que hace de traductor pasando la señal al siguiente nodo.

En este tipo de red la comunicación se da por el paso de un *token*, que se puede conceptualizar como un cartero que pasa recogiendo y entregando paquetes de información; de esta manera se evitan eventuales pérdidas de información debido a colisiones.

Se recomienda usar un anillo doble para tener redundancia en la conexión por cualquier fallo físico o lógico que surgiese, pero esto recurre a más gasto ya que se necesitan comprar más equipos. Este tiene las siguientes ventajas:

- El sistema provee un acceso equitativo para todas las estaciones de distribución o nodos.
- El rendimiento no decae cuando muchos usuarios utilizan la red.
- Arquitectura muy sólida.

A continuación se enlistan las principales desventajas:

- Longitudes de canales
- El canal usualmente se degrada a medida que la red crece.
- Difícil de diagnosticar y reparar los problemas.
- Si una estación o el canal falla, las restantes quedan incomunicadas ya que el circuito es unidireccional.

Figura 31. **Topología de anillo**



Fuente: [http://es.wikipedia.com/wiki/Topologia\\_anillo](http://es.wikipedia.com/wiki/Topologia_anillo). Consulta: mayo de 2013.

### **3.5.2.2. Topología secundaria**

La información se trasladará por medio del *backbone* principal a los nodos de distribución; al llegar a estos se utilizará una topología de árbol.

La topología en árbol es una variante de la de estrella; como en la estrella; los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de red. Sin embargo, no todos los dispositivos se conectan directamente al concentrador central.

La mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario, que a su vez se conecta al concentrador central, que será cada nodo del anillo de fibra óptica.

El controlador central del árbol es un concentrador activo. Un concentrador activo contiene un repetidor, es decir, un dispositivo hardware que regenera los patrones de bits recibidos antes de retransmitirlos.

La topología de árbol combina características de la topología de estrella con la de bus. Consiste en un conjunto de subredes estrella conectadas a un bus; esta topología facilita el crecimiento de la red. A continuación se describen sus ventajas:

- El *hub* central, al retransmitir las señales, amplifica la potencia e incrementa la distancia a la que puede viajar cada una.
- Permite conectar más dispositivos.
- Permite priorizar las comunicaciones de distintas estaciones.
- Se permite conectar más dispositivos gracias a la inclusión de concentradores secundarios.
- Se usa cableado punto a punto para segmentos individuales.
- Es soportado por multitud de vendedores de software y hardware.

También tiene las desventajas siguientes:

- Se requiere más cable.
- La medida de cada segmento viene determinada por el tipo de cable utilizado.
- Si se viene abajo el segmento principal, todo el segmento se viene abajo con él.



Figura 32. **Topología de árbol**



Fuente: [http://es.wikipedia.com/Topologia\\_arbol](http://es.wikipedia.com/Topologia_arbol). Consulta: mayo de 2013.

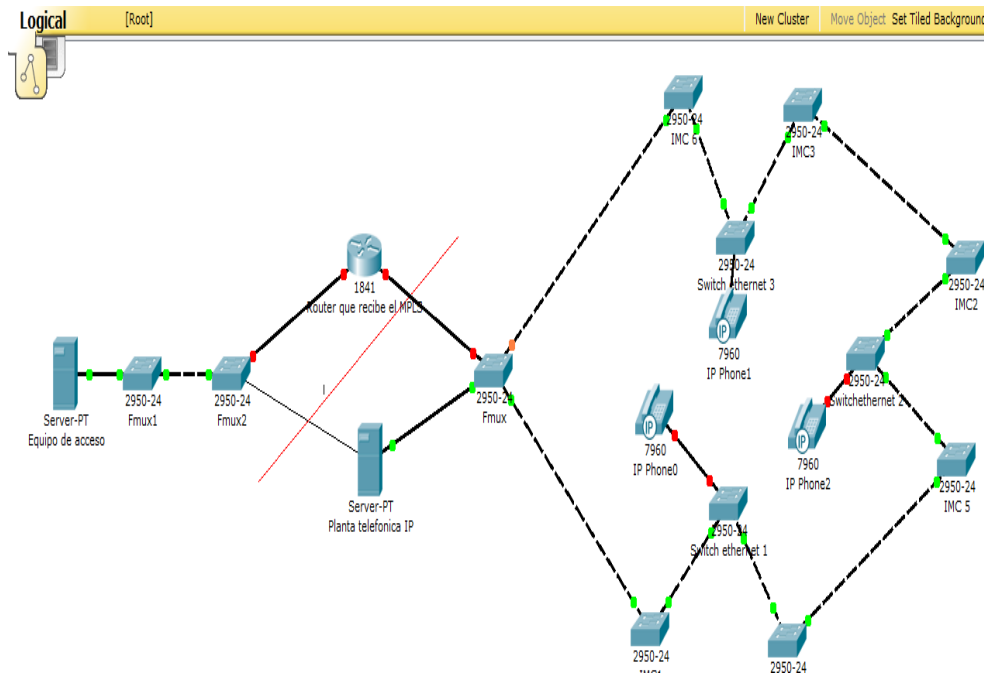
### **3.5.2.3. Ingeniería de la entrega de servicios**

El servicio recibirá en la planta telefónica IP un enlace SIP *trunk*, como también se recibe un enlace MPLS; entrarán vía Ethernet a un FMUX, el cual convertirá el medio a fibra óptica, multiplexará las señales y las enviará a través de una fibra.

Cada nodo estará compuesto esencialmente por dos IMC de una fibra, un switch Ethernet, la fibra entrará al IMC de recepción, el cual transformará a cobre para pasar al switch principal del nodo y este por medio del cobre se conectará al IMC de transmisión, para volver al anillo de fibra.

El switch principal del nodo distribuirá hacia los switch secundarios en cada edificio; esta transmisión ya es en cobre, hacia los teléfonos IP.

Figura 33. Ingeniería de entrega



Fuente: elaboración propia.

Se eligió ese modelo de teléfono en especial ya que actúa como switch y del teléfono se puede conectar a la computadora; a cada estación de trabajo llegará únicamente un cable.

Ya que la topología es en anillo, los datos irán en dirección de la rectoría hacia el T-3, luego T-10 después pasará por S-11; después al S-3 y regresará a la rectoría nuevamente, al Rx del FMUX.

Se pedirá que el enlace SIP *Trunk* tenga 50 sesiones; de esta forma se asegura que no habrá pérdida de llamadas ni llamadas en espera.

Para el enlace SIP *Trunk* se pedirá un ancho de banda de 5 Mb para un aproximado de 20 estaciones por edificio y para el enlace MPLS; de igual forma se pedirán 5 Mb por ser la central; para las sedes regionales se pedirá 1 Mb de ancho de banda, ya que la mayoría transmite más de lo que recibe y la central recibe de todas las sedes.

Para las sedes regionales, el único cambio sería que no habría anillo de fibra óptica; todo sería una red de topología de árbol de cobre; a estas únicamente llegará el enlace MPLS y este interconectará con la central.

Se deberá configurar una Vlan de datos y una Vlan de voz. De esta forma se tendrán las dos redes integradas: la de voz y la de datos.

### **3.5.3. Estructura física de la red**

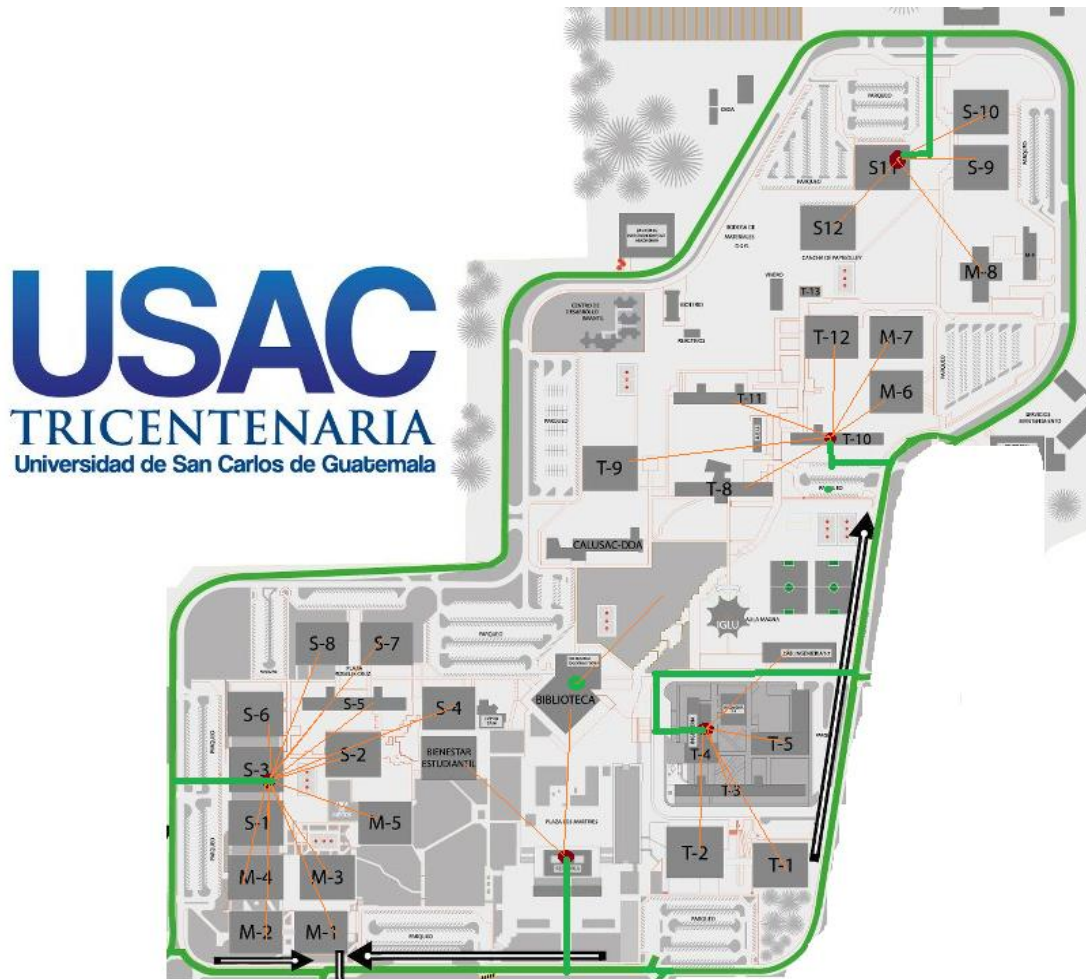
Luego de haber explicado la funcionalidad de cada equipo que se va a utilizar y sus diferentes topologías, se utilizará la forma más óptima para realizar la interconexión de los equipos.

Los nodos principales se situarán en los siguientes edificios:

- Rectoría tendrá la planta telefónica IP y el FMUX principal; a su vez tendrá un switch para distribución dentro del edificio, bienestar estudiantil y biblioteca central; se pondrá un distribuidor secundario para Calusac.

- En el edificio T-4 en el Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería, se localizará el segundo nodo, ya que este distribuirá a los edificios T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-6, T-7 y el Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- El edificio T-10 de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia distribuirá a los edificios T-8, T-9, T-11, T-12, M-6 y M-7.
- En el edificio S-11, en las oficinas de postgrado, se distribuirá a los edificios M-8, S-9, S-10 y S-12.
- El edificio S-3, en las oficinas de Ciencias Jurídicas y Sociales distribuirá a los edificios S-1, S-2, S-4, S-5, S-6, S-7, S-8, M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5
- Cada edificio tendrá un switch de distribución secundario o el número que se considere necesario.

Figura 34. Ruta de fibra óptica y localización física de nodos



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Adobe ilustrator 2012.



## CONCLUSIONES

1. El diseño de la red incluye su desarrollo al principio en el campus central de la Universidad de San Carlos y luego en sus extensiones regionales.
2. El nuevo servicio reducirá costos significativos para la Universidad de San Carlos de Guatemala, tanto en la prestación del servicio como en mantenimiento.
3. La fibra óptica existente y los cableados de cobre existentes pueden ser reutilizados, no importando que cambie la ruta de transmisión.
4. El cambio de equipos beneficiará a todos los usuarios, debido a que son más rápidos, seguros y fáciles de usar.
5. Toda la estructura puede utilizarse en las prácticas sobre la fibra óptica para el laboratorio de Comunicaciones 3; la red se presta para prácticas de laboratorio de Telecomunicaciones y redes locales.





## RECOMENDACIONES

1. Para la fase de implementación se deberá contactar con el departamento de ingeniería de preventa y postventa del ISTP.
2. Se deben contabilizar todas las estaciones de trabajo necesarias para un ancho de banda más exacto; se sugirió 5 Mb debido a que las empresas de telecomunicaciones entregan por fibra óptica el servicio de 4 Mb de ancho banda para arriba.
3. Si se desea implementar el proyecto, el encargado debe ser un ingeniero electrónico que conozca previamente la funcionalidad del servicio.
4. Tener al menos una cuadrilla de mantenimiento que se dedique propiamente al bienestar de la red.
5. Establecer puntos de medición o PA sobre la fibra óptica, para poder localizar fallas sobre esta.
6. A medida de que el número de estaciones crezca, se deberá hacer nuevamente el estudio para realizar un aumento de sesiones y ancho de banda.



## BIBLIOGRAFÍA

1. *Centrales de telefonía IP.* [en línea].  
<[http://www.quarea.com/es/tutorial/que\\_es\\_una\\_centralita\\_ip\\_voip](http://www.quarea.com/es/tutorial/que_es_una_centralita_ip_voip)>  
[Consulta: 15 de marzo de 2012].
2. *Equipos de telecomunicaciones Cisco.* [en línea]  
<<http://www.cisco.com/>> [Consulta: 25 de febrero de 2013].
3. *Historia y evolución del teléfono.* [en línea].  
<<http://myprofetecnologia.wordpress.com/2011/02/14/historia-y-evolucion-del-telfono/>>. [Consulta: 25 de febrero de 2013].
4. *Historia de las redes de datos.* [en línea].  
<<http://lasredesmundiales.blogspot.com/2008/04/historia-de-las-redes-de-datos.html>>. [Consulta: 1 de enero de 2013].
5. *Historia del teléfono.* [en línea] <<http://www.prefijo-internacional.info/historia-del-telefono.php>>. [Consulta: 20 de diciembre de 2012].
6. HUIDOBRO MOYA, Jose Manuel. *Tecnología VoIP y Telefonía IP.*  
España: Alfa y Omega, 2006. 85 p.
7. *OSI Reference Model.* [en línea].  
<[Http://www.cybertelecom.org/broadband/layers.htm](http://www.cybertelecom.org/broadband/layers.htm)>. [Consulta: 24 de diciembre de 2012.]

8. *Principios de transmision en fibra optica.* [en línea] <<http://www.fabila.com/noticia.asp?id=669>>. [Consulta: 10 de mayo de 2012].
9. *RDSI: Telefonía y servicios digitales.* [en línea]. <<http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Articulos/rdsi.html>>. [Consulta: 5 de enero de 2013].
10. *Redes de voz.* [en línea] .<<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r68971.PDF>>. [Consulta: 15 de enero de 2013].
11. *SIP.* [en línea] <<http://www.voip-info.org/wiki/view/SIP>>. [Consulta: 20 de febrero de 2013].
12. *Telefonía de voz IP.* [en línea] <<http://www.telefoniavozip.com/voip/que-es-la-telefonía-ip.htm>>. [Consulta: 15 de febrero de 2013].
13. *Topología de red.* [en línea] <<http://www.eveliux.com/mx/topologías-de-red.php>>. [Consulta: 30 de marzo de 2012].
14. *Topologías de red.* [en línea] <<http://es.kioskea.net/contents/256-topología-de-red>>. [Consulta: 12 de abril de 2013].