

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

*Tesis previa a la obtención  
del Título de Ingeniero Electrónico.*

***TEMA:***

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SERVICIO  
INTEGRADO DE REDES DE TELEFONÍA DE  
NUEVA GENERACIÓN CENTREX IP**

***AUTORES:***

Dany Daniel Calero Guerrero  
Edwin Rene Zúñiga Pacheco

***DIRECTOR***

Ing. Edgar Ochoa Figueroa, MgT.

**Cuenca – Ecuador  
2012**

## **CERTIFICO**

Que el presente proyecto de tesis: *“ESTUDIO Y DISEÑO DEL SERVICIO INTEGRADO DE REDES DE TELEFONÍA DE NUEVA GENERACIÓN CENTREX IP”*, realizado por los estudiantes *Dany Daniel Calero Guerrero* y *Edwin René Zúñiga Pacheco*, fue dirigido por mi persona.

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Edgar Ochoa Figueroa, Mgt.

**DIRECTOR**

## DECLARATORIA

Los estudiantes, DANY DANIEL CALERO GUERRERO y EDWIN RENE ZUÑIGA PACHECO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría, además; que nos ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

(f)\_\_\_\_\_

Dany Daniel Calero Guerrero

(f)\_\_\_\_\_

Edwin Rene Zúñiga Pacheco

Cuenca, Noviembre de 2012

# **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta tesis, de manera especial a nuestro director Ing. Edgar Ochoa Figueroa, por el tiempo dedicado al ser un guía e impartirnos sus conocimientos en el desarrollo de este trabajo. De igual manera un inmenso agradecimiento a los personeros de la empresa ETAPA. E.P. que gracias a sus explicaciones se pudo plasmar un enfoque objetivo del proyecto. También expresamos un agradecimiento a los docentes universitarios que han aportado en nuestra formación profesional y a nuestros familiares que son pilares fundamentales de nuestra formación personal.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a DIOS por todo lo que me ha dado. A mis padres, VICENTE y ESTELA por su apoyo y paciencia, ya que sin su ayuda no habría podido cumplir con esta meta.

Agradezco al respaldo de mi familia como mis hermanos Paul y Jeff, hermana Betty, tío Efraín, tío Tito y a toda la familia, que son fuente de confianza infinita. También agradezco a mis profesores que han aportado para la formación profesional, a mis amigos y compañeros por compartir triunfos y decepciones en todas las etapas de la vida.

Por último agradezco a todos los que una vez me han depositado su confianza.

DANY DANIEL CALERO GUERRERO.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis de grado está dedicado en primer lugar a DIOS que nos da fuerza para que todo salga bien, a mis padres, hermanos que siempre me apoyaron en el trayecto de esta carrera, a mi esposa y en especial a mi hija FERNANDITA quien es la que me impulsa a seguir adelante.

EDWIN RENE ZUÑIGA PACHECO.

## **PREFACIO**

La importancia que ha denotado las telecomunicaciones para las personas sea para su comunicación personal o en la manera de realizar sus negocios, se ha evidenciado en los últimos años, llevada de la mano de una constante evolución en búsqueda de satisfacer necesidades, que si no existían, se fueron generando por la aparición de nuevas tecnologías, como sucedió con el teléfono, las centrales telefónicas, las grandes redes de comunicaciones y el internet.

Hoy en día la comunicación es fundamental para el desarrollo de una empresa, por tal motivo, el conocimiento de las alternativas para la implementación de un sistema que brinde soluciones integrales en la comunicación es vital, ya que está en vez de convertirse una verdadera solución puede llegar a ser un problema económico, debido a las fuertes inversiones necesarias para llevarlas a cabo.

Hoy en día la solución de software libre es la principal alternativa al momento de optar por una solución de telefonía IP, dotando de un control total de administración, a mas brindar expansión de servicios, pero ésta nos hace dependientes de una implementación de equipos que conlleva a un costo de mantenimiento, administración y la implementación del sistema en sí, que para grandes empresas es una inversión indispensable, pero para pequeñas y medianas empresas que posean sucursales flexibles a cambios, son inversiones que repercuten significativamente. Por ello este trabajo muestra una alternativa técnica y económica para la implementación de una solución telefónica basada en una red de nueva generación.

# PROLÓGO

En este trabajo se desarrolla el diseño de una estructura de red capaz de soportar tráfico de VoIP, brindando una solución de comunicaciones a una empresa modelo.

El trabajo se desarrolla en capítulos. Dónde:

**Capítulo 1** Se detallan los conceptos relacionados a la solución Centrex IP, presentada de manera cronológica, partiendo desde la invención del teléfono hasta la convergencia a redes de nueva generación.

**Capítulo 2** Se expone la descripción del sistema Centrex IP, su funcionamiento y arquitectura. Mostrando la solución implantada en la ciudad de Cuenca por equipos de la marca Huawei, al igual que se describe brevemente otras empresas que brindan el servicio. Seguido de la seguridad que se debe considerar en el diseño de una solución de VoIP.

**Capítulo 3** Se realiza el diseño de una red para VoIP, haciendo un análisis comparativo de costos y beneficios del diseño de una central PBX IP y el diseño de una estructura de servicios Centrex IP.

**Capítulo 4** Se realiza una simulación, la cual permite comprobar el funcionamiento real de la red. El modelado de Centrex IP, que facilita el cálculo referente al diseño de una red VoIP.

# ÍNDICE GENERAL

CERTIFICO .....	I
DECLARATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
DEDICATORIA .....	V
PREFACIO .....	VI
PROLÓGO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIIIVIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVI
<b>CAPÍTULO I. CONCEPTOS .....</b>	<b>2</b>
1.1. Historia.....	2
1.1.1. Invención del Teléfono .....	2
1.1.2. Centrales Telefónicas .....	3
1.2. Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN) .....	4
1.2.1. Elementos de la PSTN .....	5
1.2.2. Redes de Acceso de Señales Digitales .....	7
1.2.3. Red PSTN y su evolución hacia NGN .....	8
1.3. Redes de Nueva Generación (NGN) .....	9
1.3.1. Telefonía IP .....	10
1.3.2. QoS Quality of Service (Calidad de servicio).....	10
1.3.3. Voz sobre IP (VoIP).....	11
1.3.3.1 Modelos descriptivos de Red .....	11
1.3.3.2 Códecs .....	12

1.3.3.3	Protocolos de VoIP .....	12
1.3.3.3.1	Protocolos de Administración de Ruta.....	13
1.3.3.3.2	Protocolos de Señalización .....	13
	H.323 .....	13
	SIP (Session Initiation Protocol) .....	14
	H.248 ó MEGACO (Media Gateway Control Protocol).....	14
	SIGTRAN (Signalling Transport).....	14
	MPLS (Multiprotocol Label Switching) .....	15
	Otros Protocolos para VoIP.....	15
1.4	Centrales Privadas PBX .....	16
1.4.1.	Arquitectura de la PBX .....	16
1.4.2.	Señalización de la PBX.....	17
1.5	Centrales Privadas IP (PBX IP) .....	17
1.6	CENTREX (Central Office Exchange Service).....	18
1.7	CENTREX IP.....	19
<b>CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....</b>		<b>21</b>
2.1	Introducción .....	21
2.1.1.	Definición de Centrex IP.....	21
2.1.2.	Comunicación en Centrex IP. [18].....	22
2.1.3.	Servicios de Centrex IP. [19] .....	24
2.1.3.1.	Servicios Complementarios de Centrex IP. [20].....	25
2.2	Arquitectura Centrex IP. ....	26
2.2.1.	Subsistema basado en SoftSwitch.....	26
2.2.2.	Subsistema basado en IMS .....	27
2.2.3.	Arquitectura General del servicio Centrex IP .....	28
2.2.4.	Configuración de CENTREX IP. [24] .....	29
2.2.4.1.	Centrex IP Híbrido .....	29
2.2.4.2.	Centrex IP Puro .....	30
2.3	Análisis Actual del servicio Centrex en la ciudad de Cuenca.....	30
2.3.1.	Red NGN Etapa.....	31
2.3.2.	Descripción de la Red NGN de la marca Huawei.....	33
2.3.2.1.	Dispositivo Principal de Control: SoftX3000 .....	33

2.3.2.2.	Solución Centrex IP provista por U-SYS de Huawei. [27].....	35
2.3.3.	Otras Empresas.....	37
2.3.3.1.	Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.....	37
2.3.3.1.1.	Alegro.....	38
2.3.3.2.	Claro.....	38
2.3.3.3.	Movistar.....	39
2.3.3.4.	Tarifas de Empresas de Telefonía Móvil.....	39
2.4	Seguridad en CENTREX IP.....	40
2.4.1.	TLS.....	41
2.4.2.	IPSec.....	42
2.4.3.	S/MIME.....	42
2.4.4.	SRTP.....	42
2.4.5.	Otros Mecanismos de Protección [33].....	43
2.4.5.1.	VPN.....	43
2.4.5.2.	Contrafuegos (Firewalls).....	43
2.4.5.3.	IDS.....	43
2.4.5.4.	ACL.....	43
 <b>CAPÍTULO III. CENTREX VS PBX .....</b>		<b>45</b>
3.1	Introducción.....	45
3.1.1.	Decisiones generales en el Diseño.....	45
3.1.2.	Particularidades de Diseño.....	46
3.2	Diseño de Red para VoIP.....	48
3.2.1.	Análisis de Tráfico de Voz.....	49
3.2.1.1	Cálculo de Canales Telefónicos.....	49
3.2.1.2	Cálculo del Ancho de Banda para VoIP.....	50
3.2.2.	Análisis de Tráfico de Datos.....	55
3.2.2.1	Servicios de Impresión.....	55
3.2.2.2	Transferencia de Archivos.....	55
3.2.2.3	Acceso a Internet.....	55
3.2.3.	Tráfico Total de la Red.....	56
3.2.4.	Topología de la Red.....	57
3.2.4.1	Sistema de Cableado Estructurado.....	57
3.2.5.	Elección de Equipos.....	59
3.2.5.1	Switch.....	59

3.2.5.2	Gateway de Voz .....	60
3.2.5.3	ATA (Adaptador Telefónico Analógico).....	61
3.2.5.4	Teléfonos IP .....	61
3.2.5.5	Softphones.....	62
3.2.5.6	Cableado.....	62
3.2.6.	Estructura Centrex IP .....	63
3.2.6.1	Configuración de la Consola U-Path.....	64
3.2.6.2	Configuración de Softswitch.....	68
3.2.6.3	Configuración del SBC .....	68
3.2.7.	Estructura PBX IP .....	70
3.2.7.1	PBX IP basada en Software .....	70
3.2.7.1.1	Requerimientos Asterisk .....	70
3.2.7.1.2	Configuración de Asterisk.....	71
3.2.7.2	PBX IP basada en Hardware .....	73
3.3	Análisis Comparativo de Centrex vs PBX.....	74
3.4	Estimación de Costos .....	75
3.4.1.	Costos de la Red Privada.....	75
3.4.2.	Costos de Dispositivos de Telefonía IP .....	75
3.4.3.	Costos de Instalación.....	76
3.4.4.	Costos Varios .....	77
3.4.5.	Costos Totales de Implementación .....	78
3.5	Análisis de Rentabilidad del Proyecto .....	78
3.5.1.	Cálculo del VAN (Valor Actual Neto).....	78
3.5.2.	Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno).....	80
<b>CAPÍTULO IV. MODELADO DE CENTREX IP .....</b>		<b>82</b>
4.1	Introducción .....	82
4.2	Modelado de la Red mediante MatLab .....	82
4.2.1.	Funcionamiento de Centrex IP.....	83
4.2.2.	Distribución de la Red de Etapa.....	85
4.2.3.	Comunicación Centrex IP .....	88
4.2.4.	Cálculo de VoIP .....	89
4.3	Simulación OPNET.....	92

4.3.1. Parámetros de Simulación.....	93
4.3.2. Visualización de Resultados .....	94
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>97</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	97
5.2. RECOMENDACIONES .....	100
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>106</b>
ANEXO A Ingeniería de Tráfico Telefónico .....	107
ANEXO B Esquema Cableado Estructurado de la sucursal Principal .....	110
ANEXO C Comunicación Interna Centrex IP .....	111

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPITULO 1.

Figura 1. 1. Modelo de Comunicaciones .....	2
Figura 1. 2. Esquema Central Manual.....	3
Figura 1. 3. Interruptor electromecánico de Almon Strowger ( <i>Esquemama funcional y fotografía real</i> ) .....	4
Figura 1. 4. Elementos de la PSTN .....	5
Figura 1. 5. Estructura de una red SS7.....	7
Figura 1. 6. Primera Generación de la PSTN.....	8
Figura 1. 7. Conmutación de circuitos de generación Actual .....	9
Figura 1. 8. Próxima Generación de la PSTN.....	9
Figura 1. 9. Modelo OSI y TCP/IP .....	11
Figura 1. 10. Arquitectura de una PBX.....	16
Figura 1. 11. Arquitectura de una PBX IP .....	17
Figura 1. 12. Servicio Centrex .....	18
Figura 1. 13. Servicio Centrex IP.....	19

## CAPITULO 2.

Figura 2. 1. Trafico on-net y off-net .....	22
Figura 2. 2. Funcionamiento de Centrex IP dentro de un grupo Centrex .....	23
Figura 2. 3. Funcionamiento de Centrex IP fuera de un grupo Centrex .....	23
Figura 2. 4. Escenarios presentes en Centrex IP .....	23
Figura 2. 5. Configuración de un SoftSwitch.....	26
Figura 2. 6. Arquitectura IMS .....	27
Figura 2. 7. Arquitectura general del servicio Centrex IP.....	28
Figura 2. 8. Distribución de Centrex para una organización y multilocación.....	29
Figura 2. 9. Centrex IP puro.....	30
Figura 2. 10. Red NGN de ETAPA.EP.....	32
Figura 2. 11. Arquitectura de NGN de Huawei .....	33
Figura 2. 12. Protocolos del SoftX3000.....	34
Figura 2. 13. Solución Huawei Clase 4 y Clase 5.....	34
Figura 2. 14. Solución Centrex IP con U-Path de Huawei.....	35
Figura 2. 15. Comunicación Principal U-Path .....	36
Figura 2. 16. Protocolos de seguridad.....	41

## CAPITULO 3.

Figura 3. 1. Organigrama de una PyME .....	45
Figura 3. 2. Esquema de distribución de la empresa.....	46
Figura 3. 3. Distribución de la sucursal principal .....	47
Figura 3. 4. Esquema de red de comunicación.....	47
Figura 3. 5. Estructura de la Red con VoIP.....	48
Figura 3. 6. Calculadora web Erlang B .....	50
Figura 3. 7. Funcionamiento de VoIP .....	50
Figura 3. 8. Paquete VoIP .....	53

Figura 3. 9. Cabecera Ethernet .....	54
Figura 3. 10. Topología de red de la empresa .....	57
Figura 3. 11. Cableado Estructurado .....	58
Figura 3. 12. Switch D-Link DES 3828 .....	59
Figura 3. 13. Gateway WellGate 2644 .....	60
Figura 3. 14. ATA Grandstream HT503 .....	61
Figura 3. 15. Teléfono IP Welltech LP389 .....	61
Figura 3. 16. Estructura U-Path .....	63
Figura 3. 17. Ventana Consola IP .....	64
Figura 3. 18. QoS de Señalización y QoS de Datos .....	65
Figura 3. 19. Modo de codificación .....	65
Figura 3. 20. Configuración de IVR .....	65
Figura 3. 21. Asignación de reglas de IVR .....	65
Figura 3. 22. Ventana Miscelánea .....	66
Figura 3. 23. Control de llamadas .....	66
Figura 3. 24. Ventana de Tickets .....	67
Figura 3. 25. Restricción de grupo de llamadas .....	67
Figura 3. 26. Configuración de Softswitch SoftX3000 .....	68
Figura 3. 27. Configuración del SBC Eudemon2000 .....	69
Figura 3. 28. Tarjeta OpenVox PCI –12 ports FXO .....	71
Figura 3. 29. Welltech SIP PBX 6200 .....	73

#### **CAPITULO 4.**

Figura 4. 1. Modelado Centrex IP (Inicio) .....	83
Figura 4. 2. Funcionamiento de Centrex IP .....	83
Figura 4. 3. Comunicación dentro de un grupo Centrex .....	84
Figura 4. 4. Comunicación fuera de un grupo Centrex .....	84
Figura 4. 5. Ubicación de la red real .....	85
Figura 4. 6. Ubicación nodo NGN .....	85
Figura 4. 7. Equipos Huawei .....	86
Figura 4. 8. Establecimiento de la comunicación en un grupo Centrex .....	86
Figura 4. 9. Gestión de Centrex IP mediante la red del Usuario 1 .....	87
Figura 4. 10. Gestión de Centrex IP mediante una red publica .....	87
Figura 4. 11. Comunicación interna del flujo de llamadas de Centrex IP .....	88
Figura 4. 12. Cálculo de ancho de Banda VoIP y Paquetización VoIP .....	89
Figura 4. 13. Cálculo de la intensidad de tráfico telefónico .....	90
Figura 4. 14. Cálculo de número de Canales .....	90
Figura 4. 15. Selección de Códecs .....	90
Figura 4. 16. Selección de Cabecera y acceso al medio .....	91
Figura 4. 17. Calculo de número de tramas por paquete .....	91
Figura 4. 18. Calculo del ancho de banda .....	91
Figura 4. 19. Simulación OPNET .....	92
Figura 4. 20. Configuración de Aplicaciones para Telefonía IP .....	93
Figura 4. 21. Configuración de Aplicaciones para el códec G.729 .....	93
Figura 4. 22. Configuración de Aplicaciones (códec G.729) .....	94
Figura 4. 23. Flujo de tráfico de la red .....	94
Figura 4. 24. Simulación del Retardo de la red .....	95
Figura 4. 25. Simulación del reenvío de paquete en la red .....	95

# ÍNDICE DE TABLAS

## CAPITULO 1.

Tabla 1. 1. Descripción de los elementos de la PSTN .....	5
Tabla 1. 2. Características Principales de los Códecs .....	12
Tabla 1. 3. Códecs para VoIP .....	12
Tabla 1. 4. Otros Protocolos de VoIP .....	15

## CAPITULO 2.

Tabla 2. 1. Servicios fundamentales de Centrex IP .....	24
Tabla 2. 2. Servicios complementarios de Centrex IP .....	25
Tabla 2. 3. Especificaciones técnicas de la solución U-Path .....	36
Tabla 2. 4. Tarifa de Centrex de la CNT .....	37
Tabla 2. 5. Tarifa de Troncales IP de la CNT .....	38
Tabla 2. 6. Tarifa Prepago de Operadoras Móviles (marzo 2012).....	39
Tabla 2. 7. Tarifa Pospago de Operadoras Móviles (marzo 2012) .....	39
Tabla 2. 8. Tarifas de Internet Móvil de operadoras SMA. [29].....	40
Tabla 2. 9. Tarifas de Internet Banda Ancha de operadoras SMA. [29].....	40

## CAPITULO 3.

Tabla 3. 1. Retardos de transmisión en VoIP .....	52
Tabla 3. 2. Gateways marca WellTech .....	60
Tabla 3. 3. Teléfonos IP marca WellTech.....	62
Tabla 3. 4. Requerimientos U-Path .....	63
Tabla 3. 5. Hardware Asterisk.....	71
Tabla 3. 6. Ficheros de configuración de Asterisk.....	72
Tabla 3. 7. Distribuciones de Asterisk para PBX.....	72
Tabla 3. 8. Centrales PBX IP marca WellTech.....	73
Tabla 3. 9. Tabla comparativa de las características técnicas .....	74
Tabla 3. 10. Tabla comparativa de costos de las soluciones .....	74
Tabla 3. 11. Costo Cableado Estructurado.....	75
Tabla 3. 12. Costos Equipos de Telefonía IP .....	76
Tabla 3. 13. Costos de Implementación .....	77
Tabla 3. 14. Costos Varios .....	77
Tabla 3. 15. Costo Total de Implementación .....	78

# INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de servicios convergentes incorporan la transmisión de voz, dato y video en una plataforma de comunicaciones que hoy en día son más accesibles por parte de empresas que requieran contratar estos servicios, sin la necesidad de realizar fuertes inversiones. El factor económico ha sido el limitante para la implementación de una red tecnológica que satisfaga todas las necesidades de una empresa, por tal motivo, esta tesis trata de viabilizar una alternativa enfocada a pequeñas y medianas empresas que posean recursos económicos limitados, siendo Centrex IP la alternativa planteada para cumplir con estas exigencias.

# **CAPÍTULO I**

## **CONCEPTOS**

# CAPÍTULO I. CONCEPTOS

## 1.1. Historia

En los últimos años las telecomunicaciones han tenido una evolución considerable, aportando día a día para el desarrollo continuo de nuevas tecnologías. La invención del telégrafo marcó el inicio de la constante evolución, al ser un artefacto que podía transmitir mensajes desde puntos lejanos, mediante la generación de pulsos eléctricos (código Morse). Del mismo modo que los actuales sistemas de telecomunicaciones, éstos se basan en el modelo de comunicaciones para su funcionamiento.

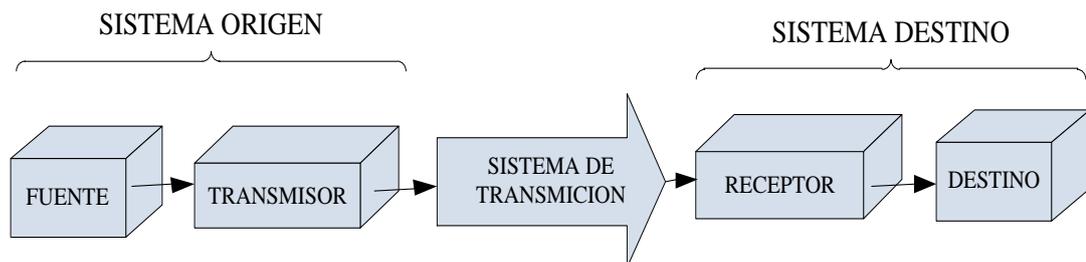


Figura 1. 1. Modelo de Comunicaciones

### 1.1.1. Invención del Teléfono

El teléfono fue la clave para el desarrollo de las telecomunicaciones, por ello citaremos cronológicamente los personajes que aportaron a ésta invención.

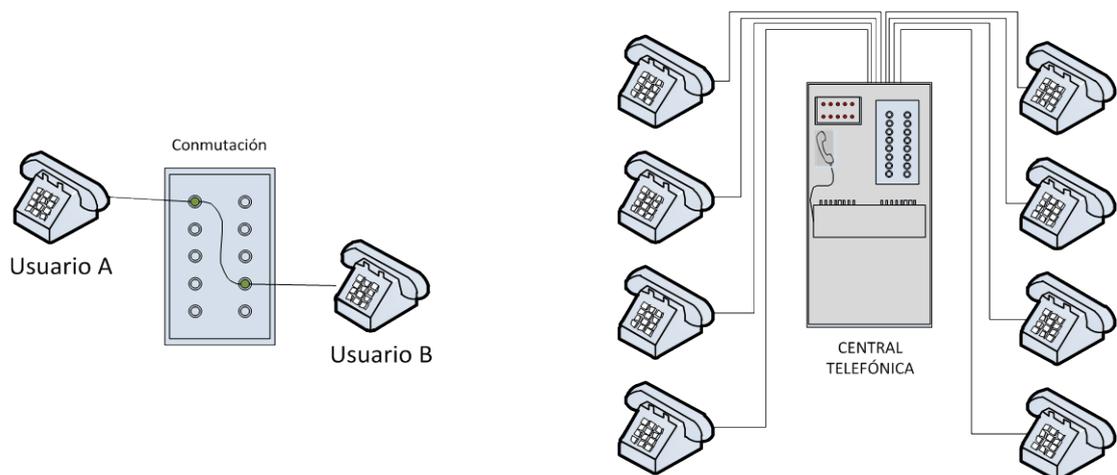
En 1844 se planteó la idea del teléfono parlante por Innocenzo Manzetti; Carlos Bourseul (Francés) generó y transmitió sonidos primitivos confusos en el año de 1854, dando paso al estudio de Johann Philipp Reis (Alemania) en el año de 1861, quien logró transmitir sonidos musicales con gran éxito, pero la voz de manera imperfecta; Elisha Gray (Estadounidense) propone un modelo en el mismo tiempo

que Alexander Graham Bell, siendo este último quien obtuvo la patente en 1876: La cual fue motivo de controversia, ya que el Congreso de EEUU mediante una resolución en el año 2002, reconoce como inventor a Antonio Meucci (Italiano), quien no pudo presentar la patente de su invento en el año de 1871. Un año después de la patente conseguida por Alexander Graham Bell, Thomas Alva Edison (Estadounidense) crea el micrófono de gránulos de carbono con lo cual logra eficiencia en la comunicación. [1] y [2]

Por la gran acogida del teléfono debido a la versatilidad en su uso, hace que este se masifique, generando un problema de escalabilidad en la conexión de nuevas líneas, ya que fue originado para una comunicación extremo a extremo, por esta razón, surge la necesidad de conectar muchos teléfonos a un conmutador central, naciendo el concepto de central telefónica.

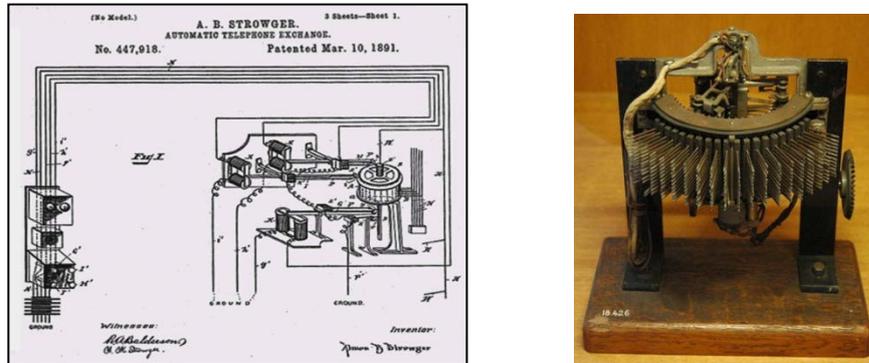
### 1.1.2. Centrales Telefónicas

La función de las centrales telefónicas es conectar usuarios de telefonía, en forma de circuitos eléctricos. La conexión en las primeras centrales telefónicas se las realizaba de manera manual, creando circuitos físicos entre ellos.



**Figura 1. 2.** Esquema Central Manual

En 1891 Almon Strowger (Estadounidense) crea un conmutador electromecánico, en consecuencia del incremento en la demanda de interconexión de usuarios. El concepto de interconexión entre circuitos se lo denomina conmutador o switch. [1]



**Figura 1.3.** Interruptor electromecánico de Almon Strowger (Esquemama funcional y fotografía real)

Fuentes: <http://192.197.62.35/staff/mcsele/images/StrowgerPatentDrawing.jpg> (Izquierdo)  
[http://eltamiz.com/images/2008/November/800px-Stepper\\_detail.jpg](http://eltamiz.com/images/2008/November/800px-Stepper_detail.jpg) (Derecho)

## 1.2. Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN)

Tomando como referencia la evolución desde la primera central telefónica automática, se dio paso a una gran red telefónica capaz de interconectar no solo a pocos usuarios, sino centrales, ciudades y países, denominándola: red de telefonía pública conmutada RTPC o PSTN (Public Switching Telephone Network). En una red pública cualquier abonado puede suscribirse al operador de la red, pudiendo completar llamadas a nivel local, regional, nacional e internacional.

La PSTN fue creada para transmitir la voz de manera analógica, siendo una de las estructuras más confiables de red. En un principio la transmisión de voz se la realizaba en banda base directamente sobre los cables de cobre, posteriormente las tecnologías digitales denotan la digitalización de la PSTN. Tomando como parámetros de digitalización un canal de 64Kbps (Ds-0) con una frecuencia de muestreo de 8Khz con 8 bits por cada canal.

### 1.2.1. Elementos de la PSTN

La PSTN está compuesta por un conjunto ordenado de equipos, que facilitan la comunicación entre usuarios.

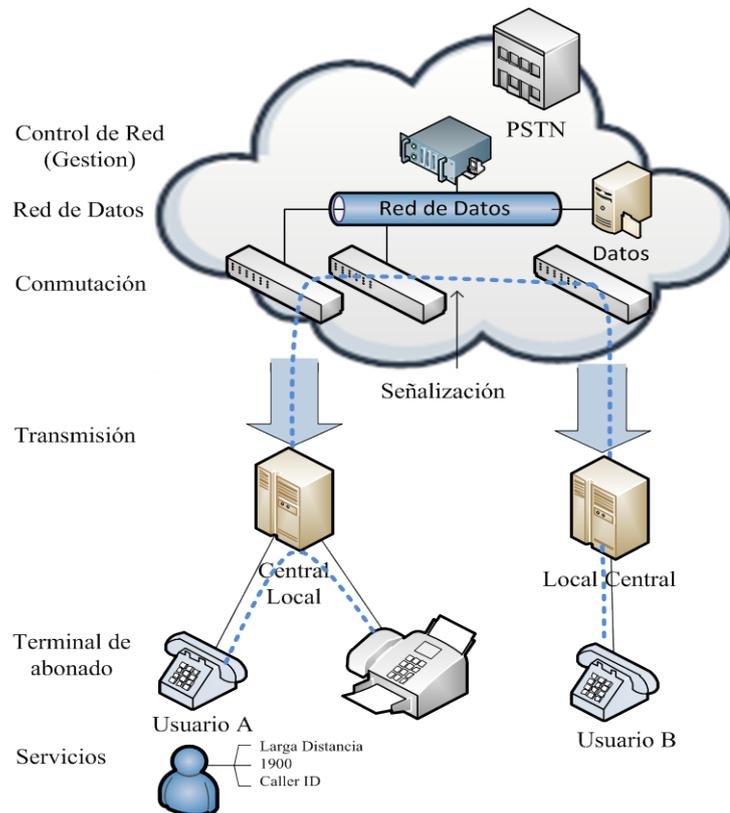


Figura 1. 4. Elementos de la PSTN

<b>Servicios:</b>	Los servicios que pueden brindar una PSTN son: Servicios de Larga Distancia, Nacional, Internacional, números gratuitos (1800), números con cargo (1900), asistencia por operadoras, Internet, RDSI y VPN.
<b>Terminal de abonado:</b>	Es el hardware de propiedad de los abonados y pueden ir desde un simple teléfono convencional, una máquina de fax, hasta un complejo sistema de PBX.
<b>Transmisión:</b>	Es el medio físico que conduce las señales portadoras de voz o datos por la red. Puede ser: aire, cable coaxial, fibra óptica, cobre, etc.
<b>Commutación:</b>	Es la interconexión necesaria para establecer comunicación entre dos abonados. Los nodos de conmutación son parte fundamental de la PSTN.
<b>Red de Datos</b>	Otorga al centro de control el poder de comando sobre los equipos electrónicos.
<b>Gestión:</b>	Proporciona mecanismos automatizados, centralizados y amigables para configurar los elementos de la red.
<b>Señalización</b>	La señalización es el lenguaje que las centrales telefónicas utilizan para comunicarse entre sí y para comunicarse con las terminales de los abonados. [3]

Tabla 1. 1. Descripción de los elementos de la PSTN

La señalización establecida en la comunicación de la PSTN puede ser señalización analógica, digital o IP.

### Señalización Analógica

Esta se realiza mediante indicaciones que son señales eléctricas, como son:

- **Loop start:** Realiza un corto circuito entre ambos conductores (crea un lazo o *loop*).
- **Ground start:** Requiere un tono de marcado aterrado con uno de los conductores de la línea telefónica (de allí el término *ground*).
- **Kewl start:** Es una evolución de *loop start*, que le añade un poco más de inteligencia a la detección de desconexiones (colgado de la llamada).

### Señalización Digital

Los protocolos de señalización digital se agrupan en dos tipos llamados CAS (Channel Associated Signaling) y CCS (Common Channel Signaling). CAS transmite la señalización en el mismo canal en la que viaja la información, mientras que CCS transmite la señalización en un canal separado.

#### *Señalización Asociada al Canal CAS*

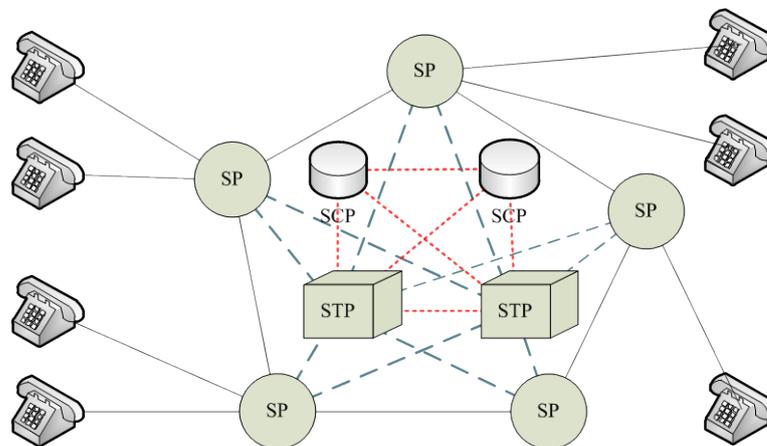
- **Robbed-bit.-** Esta señalización toma o roba el octavo bit de cada canal de comunicación cada seis tramas (frames) y lo reemplaza por información de señalización. El bit original robado se pierde.
- **R2.-** Es una familia de protocolos en donde cada implementación se denomina “variante”. Existen variantes dependiendo del país o inclusive de la compañía telefónica.
- **R2 modificada.-** Está compuesto por 32 intervalos de tiempo (del 0 al 31), el intervalo de tiempo 0 es de sincronismo y el intervalo de tiempo 16 es de señalización.

### Señalización de Canal Común CCS

**SS7 (Signalling Systems 7).**- La Red de Señalización numero 7 (SS7), tiene como misión el encaminamiento de la información entre los elementos de una red de telecomunicaciones, funciona siguiendo el principio de conmutación de paquetes.

Elementos de SS7:

- **STP** (Signaling Transfer Point); Los puntos de transferencia de señalización son encaminadores de paquetes.
- **SP** (Signaling Point); Los puntos de señalización son equipos terminales como conmutadores telefónicos o servidores.
- **SCP** (Signal Control Point); Son puntos donde se realizan procesos de red. Como base de datos con información sobre operación, mantenimiento y servicios suplementarios. [4]



**Figura 1. 5.** Estructura de una red SS7

### 1.2.2. Redes de Acceso de Señales Digitales

Las tecnologías de acceso a banda ancha, en que los abonados de la PSTN acceden para transmitir información digital, pueden ser, ISDN o DSL.

## ISDN (Integrated Services Digital Network)

Facilita conexiones digitales para ofrecer una amplia gama de servicios integrados a los usuarios, estableciendo dos tipos de interfaces para cumplir con este fin.

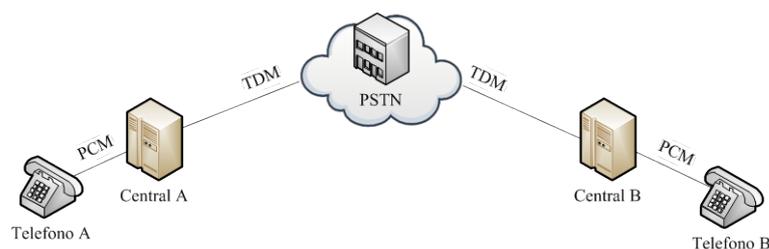
- **BRI** (Basic Rate Interface): Proporciona dos canales útiles (canales B) de 64 Kbps cada uno, más un canal de señalización (canal D) de 16 Kbps, que en total suman 144 Kbps, añadiendo un canal de 16 Kbps adicional para mantenimiento, resultando en un régimen binario total de 160 Kbps.
- **PRI** (Primary Rate Interface): En EEUU; utilizan 23 canales B y un canal D de 64 Kbps, alcanza una velocidad global de 1536 Kbps. En Europa; utilizan 30 canales B y un canal D de 64 Kbps, alcanzando una velocidad global de 1984 Kbps. [5]

## DSL (Digital Subscriber Line)

Agrupar un conjunto de tecnologías que utiliza códigos de línea y técnicas de modulación adecuados, permitiendo transmitir datos a alta velocidad sobre el par de cobre telefónico. Las tecnologías representativas en DSL son: ADSL (Asymmetric DSL), SDSL (Symmetric DSL), IDSL (DSL Sobre canales ISDN), HDSL (High Bit Rate DSL), VDSL (Very High Bit Rate DSL). [6]

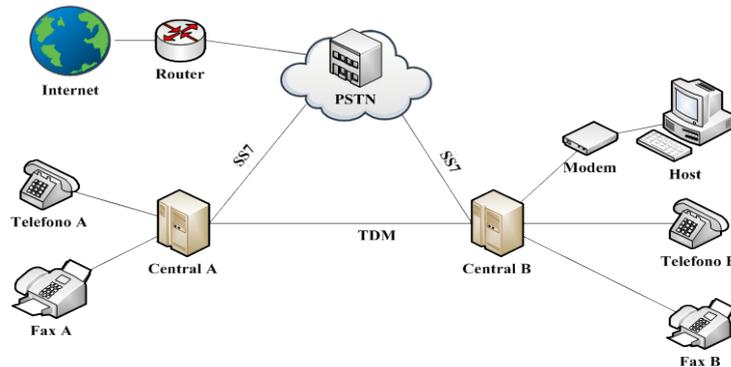
### 1.2.3. Red PSTN y su evolución hacia NGN

En la primera generación de la PSTN, la información era transmitida de manera analógica: entre la terminal del abonado y los conmutadores; modulación TDM entre los conmutadores.



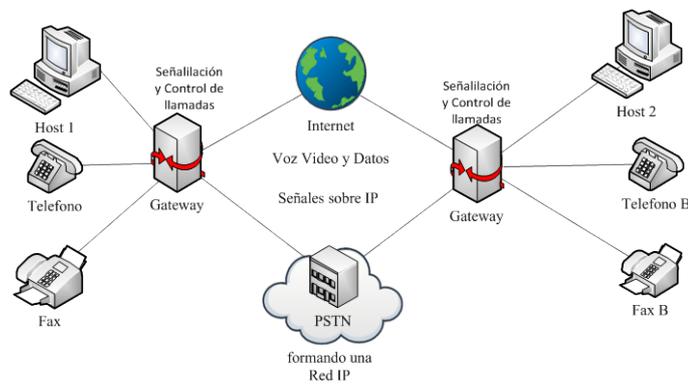
**Figura 1. 6.** Primera Generación de la PSTN

En la PSTN actual, la información es transmitida en forma de paquetes digitalizados; a través de un bus TDM direccionado por el conmutador; el proceso de señalización se transmite por medio de paquetes separados a través de señalización SS7.



**Figura 1. 7.** Conmutación de circuitos de generación Actual

La PSTN facilita la convergencia hacia una plataforma NGN, donde la información: voz, datos, y videos; son implementados utilizando tecnología IP (Internet Protocol), basada en conmutación de paquetes, donde la información útil y señalización son transportadas a través del mismo paquete [7].



**Figura 1. 8.** Próxima Generación de la PSTN

### 1.3 Redes de Nueva Generación (NGN)

Existen muchas definiciones para NGN; de acuerdo con la UIT la NGN se define como: “Red basada en paquetes que puede proveer servicios de telecomunicaciones y que puede hacer uso de múltiples tecnologías de transporte de banda ancha con

calidad de servicio, en la cual, las funciones relativas al servicio son independientes de las tecnologías subyacentes relativas al transporte. Red que permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios de su elección, y que soporta movilidad generalizada que permite la provisión coherente y ubicua de servicios a los usuarios.”<sup>1</sup>

En la telefonía para el manejo y transporte de voz, la arquitectura que mayor evolución ha tenido, es la red basada en IP por su escalabilidad, flexibilidad y prestaciones. Siendo VoIP la tecnología que proporciona los lineamientos para su realización. Al integrar el sistema VoIP con la PSTN, damos el primer paso de convergencia hacia NGN.

### **1.3.1. Telefonía IP**

La telefonía IP es una aplicación inmediata de la VoIP. Permite la realización de llamadas telefónicas convencionales sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando PC, gateways y teléfonos estándares.

### **1.3.2. QoS Quality of Service (Calidad de servicio)**

Son estándares y procedimientos que aseguran la calidad en la transmisión de los datos. En una red orientada a la conmutación de paquetes, es necesario establecer políticas de QoS acorde a los requerimientos del sistema. Los principales problemas a los que se enfrenta la calidad de servicio son:

- **Latencia o retardo:** Es el tiempo que tarda un paquete en llegar desde el origen al destino.

---

<sup>1</sup> Definición dada por el Grupo de Estudio 13 del Sector de Normalizaciones de la UIT-T en la Recomendación Y.2001 (12/04)

- **Jitter:** Es la variación en el tiempo de llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes.
- **Pérdida de paquetes:** Son omisiones realizadas al no llegar a tiempo el paquete al receptor.
- **Eco:** Es la reflexión retardada de la señal acústica original. [8]

### 1.3.3. Voz sobre IP (VoIP)

Voz sobre IP es el proceso de dividir el audio y el vídeo en pequeños fragmentos, transmitir dichos fragmentos a través de una red IP, y re ensamblar esos fragmentos en el destino final, permitiendo de esta manera la comunicación. Como también lo hace Frame Relay con VoFR o ATM con VoATM.

#### 1.3.3.1 Modelos descriptivos de Red

Los modelos de red hacen referencia principalmente a los dos modelos que se utilizan para definir una red; OSI: es el modelo de referencia para la definición de arquitecturas de interconexión de sistemas de comunicaciones y TCP/IP: es el modelo de descripción de protocolos de red. [9]

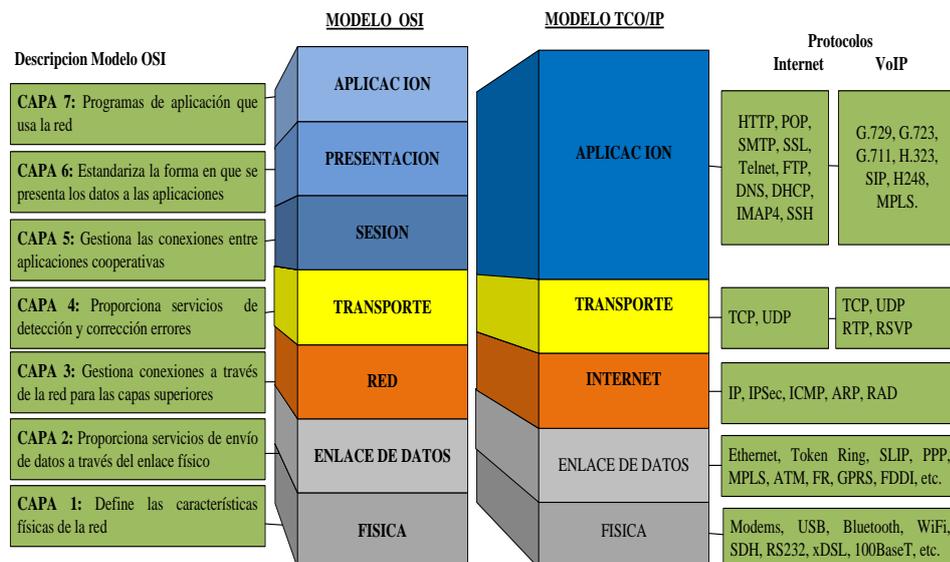


Figura 1. 9. Modelo OSI y TCP/IP

### 1.3.3.2 Códecs

Para que una señal pueda ser transmitida por la red IP, esta debe ser digitalizada, comprimida y codificada. Para ello se utilizan algoritmos matemáticos implementados en software llamados códecs. Cada códec tiene características propias que los difieren entre sí, las características más relevantes son:

<b>Bit Rate [Kbps]</b> (Tasa de Bit)	Es el número de bits por segundo que se necesitan transmitir para transportar los datos de una llamada de voz
<b>Sample Size [Bytes]</b> (Tamaño de muestreo)	Es el número de bytes capturados por el DSP ( <i>Digital Signal Processor</i> ) en cada intervalo de muestreo.
<b>Sample Interval [ms]</b> (Intervalo de muestreo)	Es el intervalo de muestreo al que trabaja el códec.
<b>Mean Opinion Score [MOS]</b>	Es un sistema de puntuación de la calidad de la voz en un sistema de telefonía.
<b>Payload Size [Bytes]</b> (Tamaño de paquete en bytes)	Es el número de Bytes de carga útil de voz que se introducen en un paquete a transmitir.
<b>Payload Size [ms]</b> (Tamaño de paquete en ms)	Es el tamaño del paquete que también puede darse en términos de muestreo de códec.
<b>Packets Per Second [PPS]</b> (Tamaño de la Trama)	Es el número de paquetes que necesitan ser transmitidos por segundo para lograr tener el Bit Rate deseado por el códec.
<b>Bandwidth Ethernet [Kbps]</b> (ancho de banda en ethernet)	Representa el ancho de banda que ocupa una conversación, utilizando Ethernet como mecanismo de acceso al medio.

Tabla 1. 2. Características Principales de los Códecs

Los códecs más utilizados para VoIP [10] son:

INFORMACION DE CODEC					CALCULO DE ANCHO DE BANDA			
Codec	Codec Bit Rate (Kbps)	Codec Sample Size (Bytes)	Codec Sample Interval (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Voice Payload Size (Bytes)	Voice Payload Size (ms)	Packets Per Second (PPS)	Bandwidth Ethernet (Kbps)
<b>G.711</b>	64 Kbps	80 Bytes	10ms	4,1	160 Bytes	20 ms	50	87.2 Kbps
<b>G.723.1</b>	6.4 Kbps	24 Bytes	30 ms	3,9	24 Bytes	30ms	34	21.9 Kbps
<b>G.723.1</b>	5.3 Kbps	20 Bytes	30 ms	3,8	20 Bytes	30ms	34	20.8 Kbps
<b>G.726</b>	32 Kbps	20 Bytes	5 ms	3,85	80 Bytes	20ms	50	55.2 Kbps
<b>G.726</b>	24 Kbps	15 Bytes	5 ms		60 Bytes	20ms	50	47.2 Kbps
<b>G.728</b>	16 Kbps	10 Bytes	5 ms	3,61	60 Bytes	30ms	34	31.5 Kbps
<b>G.729</b>	8 Kbps	10 Bytes	10 ms	3,92	20 Bytes	20ms	50	31.2 Kbps

Tabla 1. 3. Códecs para VoIP

### 1.3.3.3 Protocolos de VoIP

Los protocolos posibilitan que la voz sea empaquetada y enviada a su destino buscando la ruta más corta y menos congestionada, los protocolos más utilizados para VoIP son: H.323, SIP, Megaco, MPLS entre otros. Todos definidos por instituciones y organismos reguladores con normativas de control como: la ITU-T, la IETF, el ETSI o el EIA-TIA.

Los protocolos asociados a VoIP se dividen en dos grupos.

#### **1.3.3.3.1 Protocolos de Administración de Ruta**

**UDP (User Datagram Protocol):** Es un protocolo del nivel de transporte, basado en el intercambio de datagramas, está orientado a la conexión. UDP no ofrece integridad en los datos pero aprovecha el ancho de banda de la red.

**RTP (Real Time Protocol):** Es un protocolo de nivel de sesión, utilizado para la transmisión de información en tiempo real. Marca los paquetes UDP con una secuencia de datos para identificar los paquetes perdidos con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

**RTCP (Real Time Control Protocol):** Es un protocolo de comunicación que proporciona información de control que sirve para detectar congestiones en la red y tomar acciones correctivas según sea necesario, trabaja junto con RTP en el transporte y empaquetado de datos. [11]

#### **1.3.3.3.2 Protocolos de Señalización**

La señalización en VoIP tiene un papel muy importante en la red, ya que es la encargada de establecer, mantener, administrar y finalizar una conversación entre dos puntos. Además ofrece funciones de supervisión, marcado de llamada, retorno de tonos de progreso, también se encarga de proveer QoS en cada canal de transmisión.

Los protocolos más importantes son:

#### **H.323**

Desarrollado por la ITU, es un conjunto de estándares que tienen el objetivo de ofrecer un mecanismo de transporte para servicios multimedia, aunque se ha extendido para el uso de redes IP. Este protocolo cubre las necesidades de VoIP especificando aspectos basados en señalización SS7, para la interconexión con la PSTN. Esta recomendación especifica estrictamente los códecs a utilizar, en

audio y video; también los protocolos de transporte de la información. Fue el primer estándar en adoptar RTP como medio de transporte. H.323 también aplica algoritmos de encriptación de la información. [12]

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

El Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP) es un estándar de la IETF. Es un protocolo de control de aplicación de capas que sirve para crear, modificar y cerrar sesiones con uno o más participantes. SIP es un protocolo de señalización modelado sobre SMTP, HTTP y otros, lo que hace que su uso sea exclusivo para Internet. SIP maneja el establecimiento y terminación de llamadas telefónicas a Internet, de videoconferencias y de sesiones. Sin embargo, SIP pertenece a la capa de aplicación, por lo cual, para el transporte de datos emplea protocolos como RTP/RTCP. [9]

### **H.248 ó MEGACO (Media Gateway Control Protocol)**

H.248 o Megaco es el estándar que permite que un MGC (Media Gateway Controller) controle a los MGs (Media Gateways). H.248 es el resultado de la cooperación entre la ITU y el IETF. Desarrollado de la colaboración de los protocolos MGCP (la combinación de SGCP e IPDC) y MDCP. H.248 se considera un protocolo complementario a H.323 y SIP, un MGC controlará varios MGs utilizando H.248, pero se comunica con otro MGC utilizando H.323 o SIP.[9] Este protocolo tiene una limitación al no incluir señalización telefónica por canal común.

### **SIGTRAN (Signalling Transport)**

Es un estándar normalizado por IETF. La Señalización de Transporte se refiere a una pila de protocolos para el transporte de red de conmutación de circuitos y

protocolos de señalización SS7 sobre una red IP. SIGTRAN es una evolución de SS7, que define los adaptadores y una capacidad de transporte básico donde se mezclan protocolos SS7 y de paquetes para ofrecer a los usuarios lo mejor de ambas tecnologías.

### **MPLS (Multiprotocol Label Switching)**

MPLS es una tecnología de conmutación de datos multiprotocolo y se basa en etiquetas, creado por la IETF. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. Es altamente escalable, de alto rendimiento e independiente de protocolo de las redes de comunicaciones. En una red MPLS, se asignan etiquetas a los paquetes de datos, y el direccionamiento de los mismos se lleva a cabo basado sólo en el contenido de dichas etiquetas, sin tener que examinar el paquete o su información. Esto permite crear circuitos extremo a extremo a lo largo de cualquier tipo de medio de transporte usando cualquier protocolo [13] y [14].

### **Otros Protocolos para VoIP**

También existen protocolos de software libre o propietarios privativos, dependiendo de la plataforma o marca de los equipos utilizados, a continuación se sintetiza algunos de estos protocolos:

<b>IAX</b>	Protocolo original de comunicación entre PBXs Asterisk (obsoleto).
<b>IAX2</b>	Protocolo de comunicación entre PBXs Asterisk en remplazo de IAX.
<b>Jingle</b>	Protocolo abierto utilizado en tecnología JABBER
<b>Skype</b>	Protocolo propietario peer to peer utilizado en la aplicación SKYPE
<b>Skinny Client Control Protocol</b>	Protocolo propiedad de CISCO
<b>CorNet-IP</b>	Protocolo propiedad de SIEMENS
<b>MiNet</b>	Protocolo propiedad de MITEL

**Tabla 1. 4.** *Otros Protocolos de VoIP*

## 1.4 Centrales Privadas PBX

Las PBXs (Private Branch eXchange) son conmutadores telefónicos utilizados en empresas u organizaciones, que permiten conmutar llamadas dentro de una empresa, por otra parte éstas pueden acceder a líneas de la PSTN a través de líneas troncales. La función principal de una PBX es evitar el cobro de la llamada dentro de la misma empresa, ya que ésta no es cursada por la PSTN. Posteriormente, por la acogida de los equipos, comenzaron a ofrecerse servicios adicionales que no estaban presentes en las redes telefónicas tradicionales como: conferencia entre grupos, desvío de llamadas, llamada en espera, casillas de voz, transferencia de llamadas, etc. [15]

### 1.4.1. Arquitectura de la PBX

La PBX (Private Branch eXchange) de igual manera que la PSTN utiliza sistema de codificación digital TDM para realizar la conmutación de voz, la arquitectura interna de cada PBX y sus componentes dependen del criterio de diseño de los fabricantes. En forma genérica, se presentan a continuación los componentes que conforman las centrales telefónicas privadas:

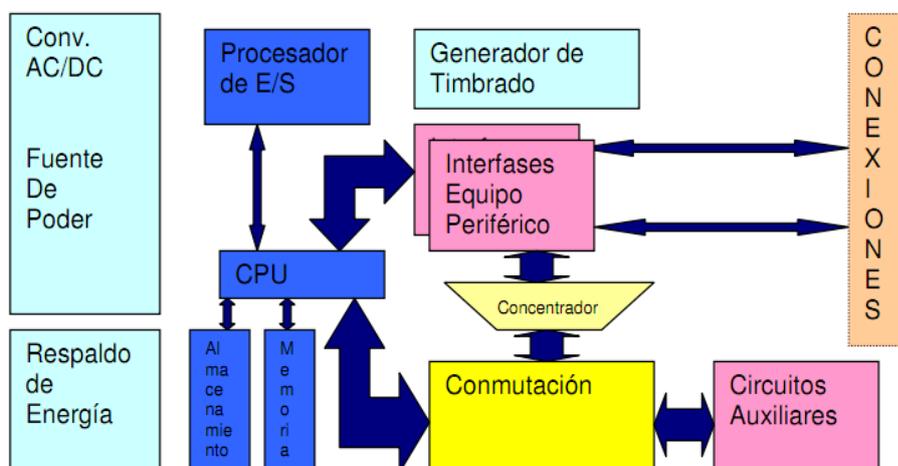


Figura 1. 10. Arquitectura de una PBX

Fuente: <http://ie.fing.edu.uy/ense/assign/redcorp/material/2008/Redes%20de%20Voz%202008.pdf> (pág.44)

### 1.4.2. Señalización de la PBX

Entre centrales y teléfonos

- *Analógica:* Loop Start,
- *Digital:* Estándar: ISDN, Proprietaria: Usada típicamente en sistemas corporativas PBX

Entre centrales públicas y centrales privadas (Conexión a la PSTN)

- *Analógica:* La central privada es vista como un “teléfono” por la central pública (Loop Start)
- *Digital:* ISDN; Servicio Básico (BRI); Servicio Primario (PRI); El con señalización (R2). [16]

## 1.5 Centrales Privadas IP (PBX IP)

Una PBX IP es un equipo telefónico diseñado para ofrecer servicios de comunicación de voz, datos y video a través de las redes de datos vía Internet mediante tecnología VoIP e interactuar con la red PSTN. Para disponer de las funciones de una central telefónica PBX IP tenemos varias opciones: IP PBX basada en hardware, IP PBX basada en software, IP Centrex y PBX híbrida con soporte VoIP. [17]

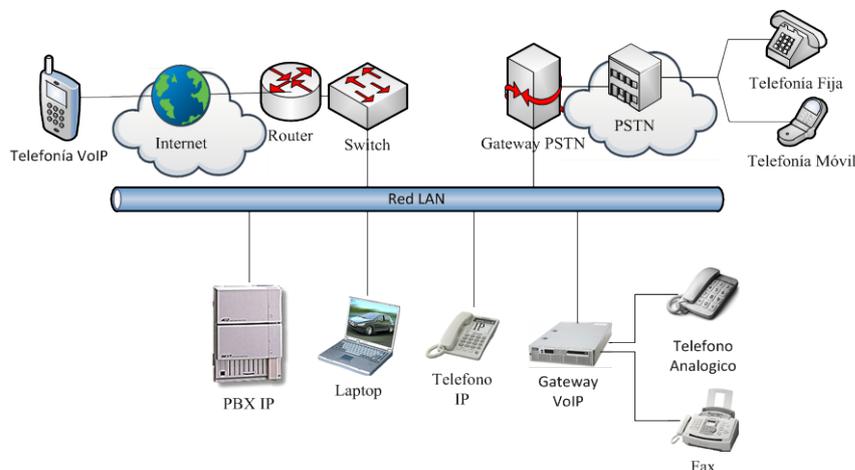


Figura 1. 11. Arquitectura de una PBX IP

Una PBX IP funciona sobre una red LAN (Local Area Network), la cual conecta teléfonos IP, teléfonos IP DECT, PCs. Un gateway PSTN permite realizar llamadas a la red PSTN tanto analógicas, digitales y móviles. Un gateway VoIP o ATA (Analog Telephone Adapter), permite conectar con equipos estándar, como: teléfonos analógicos, faxes o teléfonos inalámbricos. La telefonía VoIP permite extender la red telefónica privada a través de Internet, integrando de este modo oficinas remotas en la infraestructura de comunicaciones de la empresa.

### 1.6 CENTREX (Central Office Exchange Service)

Centrex es un servicio que permite entregar a los abonados prestaciones similares a una central telefónica privada mediante software, este servicio es proporcionado por los operadores públicos a través de la infraestructura de la PSTN, dotando un plan privado de numeración a bajos costos.

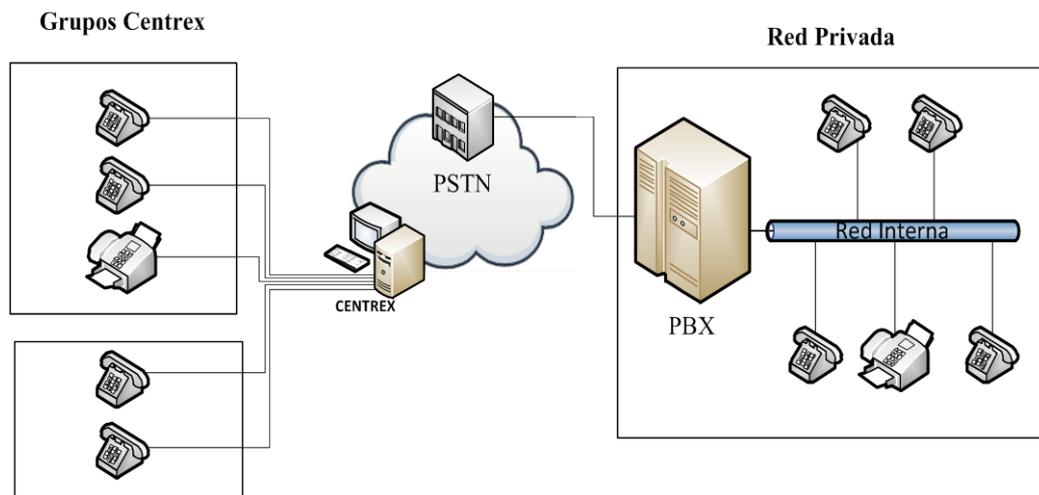


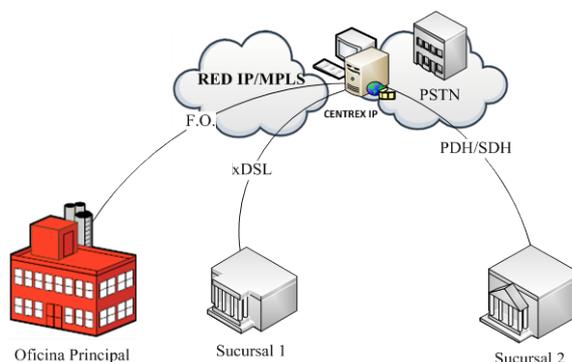
Figura 1. 12. Servicio Centrex

Las llamadas internas pertenecientes al mismo grupo Centrex están sometidas a una tarificación plana, mientras las llamadas externas se tarifican según el servicio telefónico de la PSTN [17].

Una de las grandes ventajas del servicio Centrex es que no se necesitan de equipos de conmutación en el lugar en donde se va a brindar el servicio, ya que las propias extensiones de la central pública son las encargadas en prolongarse hacia el mismo. No obstante, para brindar este servicio es necesario el tendido de un mayor número de líneas telefónicas.

## 1.7 CENTREX IP

Centrex IP, nace como la evolución del servicio Centrex tradicional, constituyéndose sobre la tecnología VoIP la cual permite a una empresa disponer de las características de una PBX IP a través de un acceso a Internet de banda ancha, sin necesidad de implantar ningún dispositivo de hardware o software complejo, por consiguiente sin inversión inicial en la compra una central telefónica, en lugar de ello, se paga una tarifa mensual al operador. El acceso a Internet se utiliza para el transporte de la voz hacia la plataforma de Centrex IP ubicada en las instalaciones del operador de telecomunicaciones.



**Figura 1. 13.** Servicio Centrex IP

Centrex IP ofrece todas las ventajas de los sistemas de telefonía IP (por ejemplo, la facilidad de administración y la facilidad de acceso a las empresas, las aplicaciones basadas en LAN), combinada con las ventajas de Centrex: es decir, la facilidad de diseño, ejecución y gestión contratada a la PSTN.

## **CAPÍTULO II**

# **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

## CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 2.1 Introducción

Centrex IP, consiste en un paquete de servicios de telefonía, que permite disfrutar las funcionalidades de una central PBX IP, cubriendo las necesidades telefónicas empresariales e individuales, con calidad en la comunicación a bajos costos. Centrex IP surge como un prototipo de prueba a fines del 2002, dos años después de entrar en funcionamiento PBX IP. Gracias a Centrex IP, los clientes de una operadora de telefonía pueden comunicar todas sus oficinas y sucursales a través de una sola plataforma tecnológica, sin incurrir en inversiones adicionales en centrales privadas y mantenimiento de éstas; contar con redes de telefonía privada, con un solo plan de numeración; y facilitar la comunicación, lo que les permitirá destinar sus recursos para potenciar su propio negocio, evitando el riesgo de obsolescencia tecnológica y obtener un valioso ahorro en sus costos. El servicio Centrex IP, permite ofrecer simultáneamente conectividad privada de voz y servicios telefónicos, apoyando a la competitividad de una empresa.

#### 2.1.1. Definición de Centrex IP

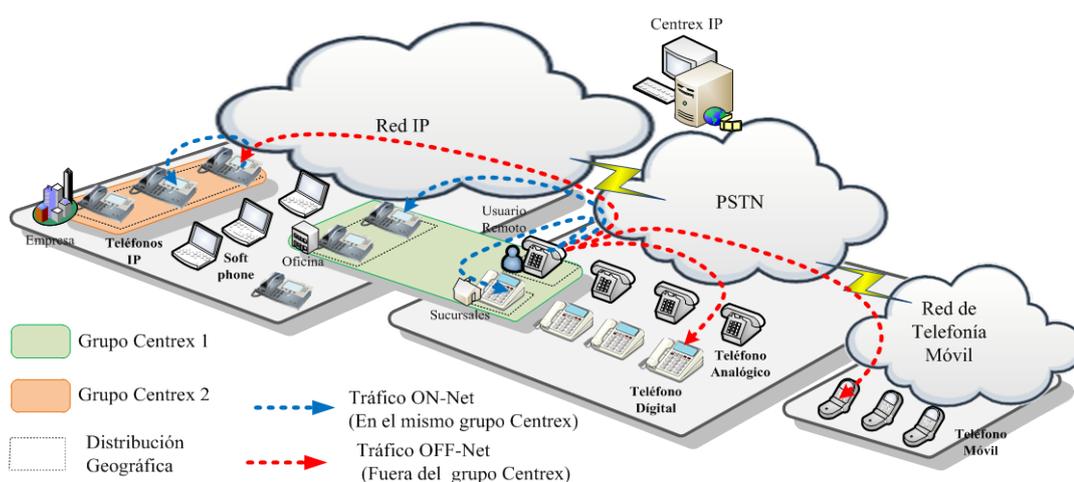
De acuerdo con la ITU “Centrex IP no es un servicio por sí mismo, más bien es un conjunto de servicios que están empaquetados y comercializado como Centrex IP”. De igual manera, esta recomendación menciona que “Centrex IP permite funciones tales como grupos cerrados de usuarios, administración de sesiones, plan privado de numeración y una consola automatizada.”<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Definición dada por Sector de Normalizaciones de la UIT-T en la Recomendación Y.2211 (10/2007)

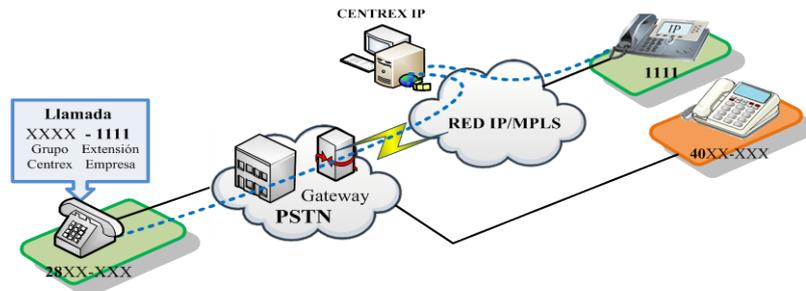
### 2.1.2. Comunicación en Centrex IP. [18]

Centrex IP es una solución que brinda características similares a las centrales IP, reduciendo los costos de tarificación telefónica de una empresa, al evitar la tarificación hacia la operadora de telefonía. Para cumplir este objetivo Centrex IP establece grupos cerrados de usuarios denominado grupo Centrex, que pueden ser conformados por: empresas, sucursales y usuarios remotos; los que poseen tarificación plana (tráfico on-net). El tráfico cursado hacia otros usuarios fuera del grupo Centrex o que pertenezcan a otro grupo Centrex (tráfico off-net) es cursado por la PSTN, tarifado de acuerdo a la interconexión de la PSTN, pudiendo ser local, nacional, internacional y con operadoras de telefonía móvil.



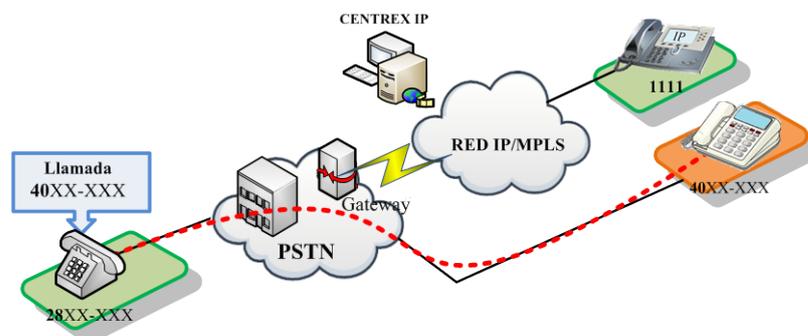
**Figura 2. 1.** *Trafico on-net y off-net*

La llamada dentro de un grupo Centrex se la realiza mediante el marcado de un código que identifica el grupo Centrex, seguido de la extensión o número que se desea contactar, donde el operador del servicio de telefonía (generalmente la PSTN) reconoce la llamada como parte de un grupo Centrex, transfiriendo la llamada a la plataforma Centrex IP, en la que se identifica como parte del grupo Centrex estableciendo la llamada o servicios solicitados.



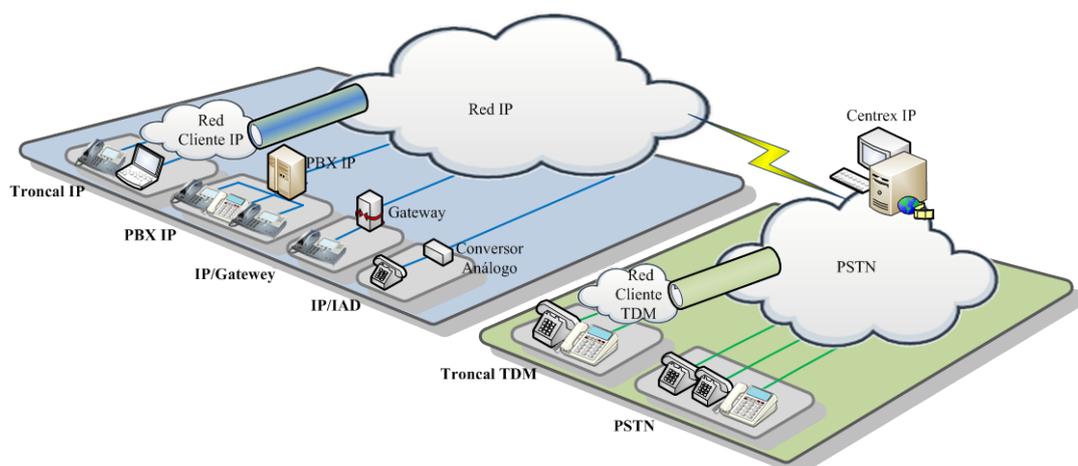
**Figura 2. 2.** Funcionamiento de Centrex IP dentro de un grupo Centrex

El establecimiento de una llamada fuera de un grupo Centrex, se da cuando un usuario disca un número telefónico sin utilizar el código correspondiente, esa llamada se trata como una comunicación estándar y se enruta al destino a través de la interconexión con la red pública PSTN.



**Figura 2. 3.** Funcionamiento de Centrex IP fuera de un grupo Centrex

Los usuarios del servicio Centrex IP pueden acceder al servicio desde distintos escenarios, acorde a la disposición de equipos establecidos en cada empresa, como se detalla a continuación:



**Figura 2. 4.** Escenarios presentes en Centrex IP

### 2.1.3. Servicios de Centrex IP. [19]

Centrex IP es un conjunto de servicios que son desarrollados para cubrir necesidades básicas de una empresa, u oficina. La UIT en la recomendación (UIT-T Y.2211) define los servicios fundamentales que deben estar presentes en Centrex IP.

Aviso personalizado (Customized announcement)	Este servicio permite a un usuario enviar anuncios personalizados durante el establecimiento de una sesión.
Distribución de llamadas (Communication distribution)	Este servicio permite al usuario especificar el porcentaje de llamadas que se distribuirá entre dos o más destinos.
Renvío de llamada (Communication forwarding)	Este servicio permite al interlocutor llamado remitir su comunicación a otro interlocutor en función de las condiciones especificadas por el primer interlocutor.
Retención de llamadas (Communication hold)	Este servicio permite al usuario suspender una o más llamadas de una sesión y reanudar en otro momento.
Registro de llamadas (Communication logging)	Este servicio permite un registro detallado de llamadas.
Timbrado personalizado (Customized ringing)	Este servicio consiste en que a ciertas llamadas entrantes se le asigne un timbre que puede ser diferente dependiendo de la persona llamada.
Encaminamiento personalizado (Customized routing)	Este servicio permite al abonado aceptar o rechazar llamadas, en caso de aprobación, encaminar esta llamada, de acuerdo con un conjunto de reglas.
Transferencia de llamadas (Communication transfer)	Este servicio permite al usuario transferir una llamada establecida, hacia otro interlocutor.
Llamada en espera (Communication waiting)	Este servicio permite recibir una llamada mientras se está sosteniendo otra llamada activa.
Desvió a la Función sígueme (Follow-me diversion)	Este servicio permite al interlocutor llamado recibir una notificación que otra persona está tratando llegar a su número, mientras está ocupado con un tercero.
Llamada en Grupo (Group communication)	Este servicio permite que el usuario solicite información predefinida de un grupo almacenado en la red, al establecer varias comunicaciones simultáneas.
Llamada Multi-partita (Multi-party communication)	Este servicio permite al usuario establecer una comunicación simultánea con varias personas.
Mensaje en espera (Message waiting)	Este servicio permite al usuario informar sobre que mensajes está en espera para luego ser atendidos.
Detección de origen de llamada (Originating communication screening)	Este servicio permite al abonado especificar las llamadas salientes, pudiendo ser restringidas o autorizadas.
Identificador Personal (Personal identifier)	Este servicio permite al usuario mantener un identificador único mientras se comunican con los demás.
Patrón de Timbre (Ring pattern)	Este servicio admite varios modelos de timbre de un número de destino.
Detección de terminación de llamada (Terminating communication screening)	Permite al interlocutor llamado especificar que llamadas entrantes sean restringidas o autorizadas, de acuerdo con una lista de identificadores de detección.
Presentación y restricción de identificación de usuario (User identification presentation and restriction)	Este servicio permite al usuario recibir datos de identificación de usuario de otro sitio o evitar la presentación de sus datos de identificación de usuarios a otro lugar dentro de una comunicación.
Administración de perfil de Usuario (User profile management)	Este servicio permite al usuario administrar su perfil de servicio.

**Tabla 2. 1.** Servicios fundamentales de Centrex IP

### 2.1.3.1. Servicios Complementarios de Centrex IP. [20]

Centrex IP puede incluir servicios adicionales que satisfagan las necesidades empresariales, los cuales pueden variar dependiendo de las empresas ofertantes del servicio Centrex IP. Algunos de estos servicios complementarios se detallan en la siguiente tabla.

Captura de llamada (Pickup)	Permite a cualquier abonado dentro de un grupo Centrex capturar una llamada entrante de otro abonado perteneciente a dicho grupo.
Re-llamado inteligente	Permite que al realizar una llamada y ésta al estar ocupada, se realice una llamada una vez que el destino se desocupe.
Oficina Remota	Permite a los usuarios acceder y usar su Centrex IP desde cualquier terminal, como por ejemplo: teléfono de su casa, teléfono móvil, oficina remota, etc.
Servicio tipo Jefe Secretaria (J.S.)	Consiste en una asignación de numeración corta entre extensiones jefe-secretaria y grupos de trabajo
Trazador de llamadas maliciosas	Permite al operador iniciar manualmente el monitoreo de llamadas entrantes a un abonado Centrex IP y reporta la activación de esta disposición explícitamente en los CDR (Call Detail Records)
Grupos de Búsqueda (Hunt Groups)	Permite a los usuarios de un grupo Centrex estar incluidos en un subgrupo (Grupo de Búsqueda) para recibir llamadas entrantes por medio de un número telefónico asociado al Grupo de búsqueda
Marcación Abreviada 100	Permite a los usuarios usar códigos de dos dígitos para marcación abreviada de hasta 100 números
Llamada de doble etapa	Permite a los usuarios aprovechar los servicios de Centrex IP llamando desde teléfonos móviles o líneas fijas externas, primero llamando a un número de acceso a la plataforma Centrex IP.

**Tabla 2. 2.** *Servicios complementarios de Centrex IP*

## 2.2 Arquitectura Centrex IP.

El servicio Centrex IP puede ser proporcionado por subsistemas basados en IMS (IP Multimedia Subsystem) o basados en call-server<sup>3</sup> (generalmente implementado por SoftSwitch).

### 2.2.1. Subsistema basado en SoftSwitch

En este subsistema, Centrex IP se establece en un conmutador dentro de la PSTN conocido como "SoftSwitch", el cual es un dispositivo que provee control de llamada y servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes, capaz de transportar tráfico de voz, datos y vídeo de manera eficientes, habilitando al proveedor de servicio para soporte de nuevas aplicaciones multimedia, integrando las redes existentes con redes de avanzada.

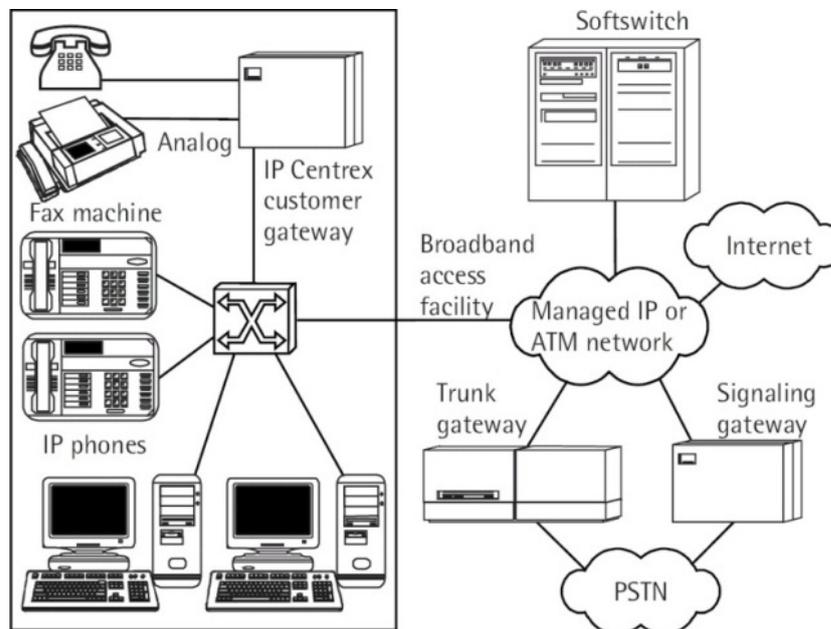


Figura 2. 5. Configuración de un SoftSwitch.

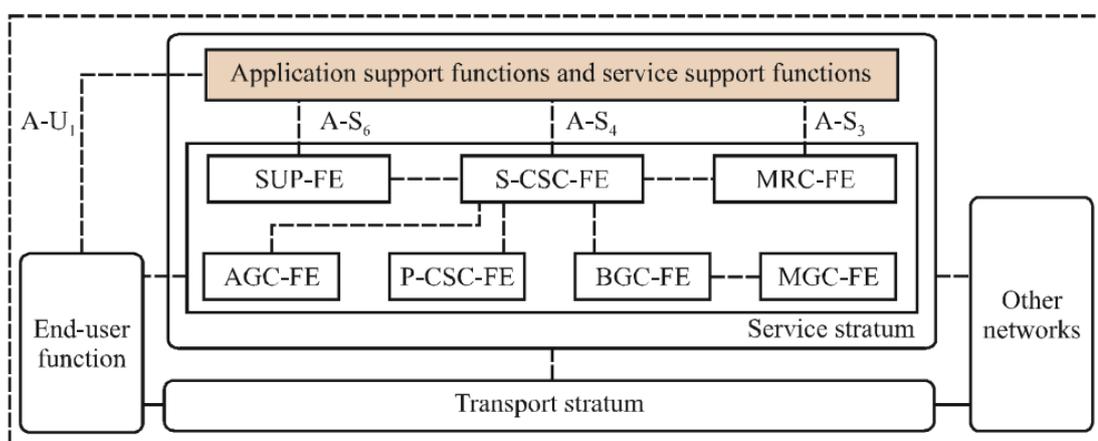
Fuente: <http://www.artechhouse.com/uploads/public/documents/chapters/Abrahams497-ch02.pdf> (pág. 17)

<sup>3</sup> Recomendación UIT-T Q.3612 (6/2011) *Signalling requirements and protocol profiles for IP Centrex service*

### 2.2.2. Subsistema basado en IMS

Centrex IP basado en IMS consiste en un subsistema de control, acceso y ejecución de servicios comunes, donde IMS brinda un estándar a aplicaciones basadas en el modelo de arquitectura de nueva generación [21]. Podría decirse que IMS actúa como la capa de control de una NGN.

IMS consiste en un conjunto de entidades funcionales, donde la entidad funcional clave es el nodo CSCF (Call State Control Function), que integra a tres subsistemas: P-CSCF (Proxy CSCF), S-CSCF (Serving CSCF), y I-CSCF (Interrogating CSCF); encargados, básicamente, de procesar y enrutar la señalización, controlar los recursos del subsistema de transporte, realizar el registro y autenticación de usuarios. IMS dispone también de una base de datos o HSS (Home Subscriber System). Los nodos MGCF (Media Gateway Control Function) e IM-MGW (IP Multimedia Gateway) permiten el inter-funcionamiento de IMS con las redes de conmutación de circuitos (PSTN, UMTS, GSM, etc.), implementando el plano de control y usuario, respectivamente. Finalmente, cuenta con servidores de aplicación y las pasarelas con destino al plano de servicios, que son los que ofrecen aplicaciones a los usuarios.[22]

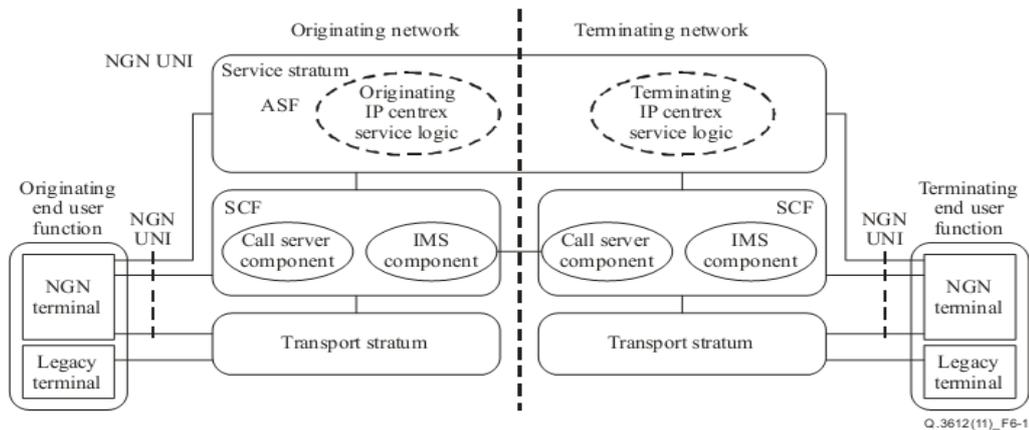


**Figura 2. 6.** *Arquitectura IMS*

Fuente: *Recomendación ITU-T Y.2021*

### 2.2.3. Arquitectura General del servicio Centrex IP

La recomendación UIT-T Q.3612 describe la arquitectura general del servicio Centrex IP como interacción de funciones inmersas en el estrato del servicio Centrex IP, para establecer una conexión entre la red de inicialización y la red finalización.



**Figura 2. 7.** *Arquitectura general del servicio Centrex IP*

Fuente: *Recomendación UIT-T Q.3612*

La lógica del servicio Centrex IP y la ejecución de entornos son proporcionadas por la Función de Servicio de Aplicación (ASF) en el estrato de servicios. La inicialización y finalización se realiza para un grupo Centrex provista por la ASF.

Cuando se realiza la red de inicialización, la ASF lleva a cabo la lógica de inicialización requerido por la Función de Servicio de Control de inicialización (SCF), que deberá incluir la comunicación interna y la restricción de identificación de inicialización. Cuando se realiza la red de terminación, la ASF realiza la lógica de terminación requerido por la SCF de finalización, que deberá incluir la comunicación interna, la presentación de la identificación de inicialización y la restricción de identificación de finalización.

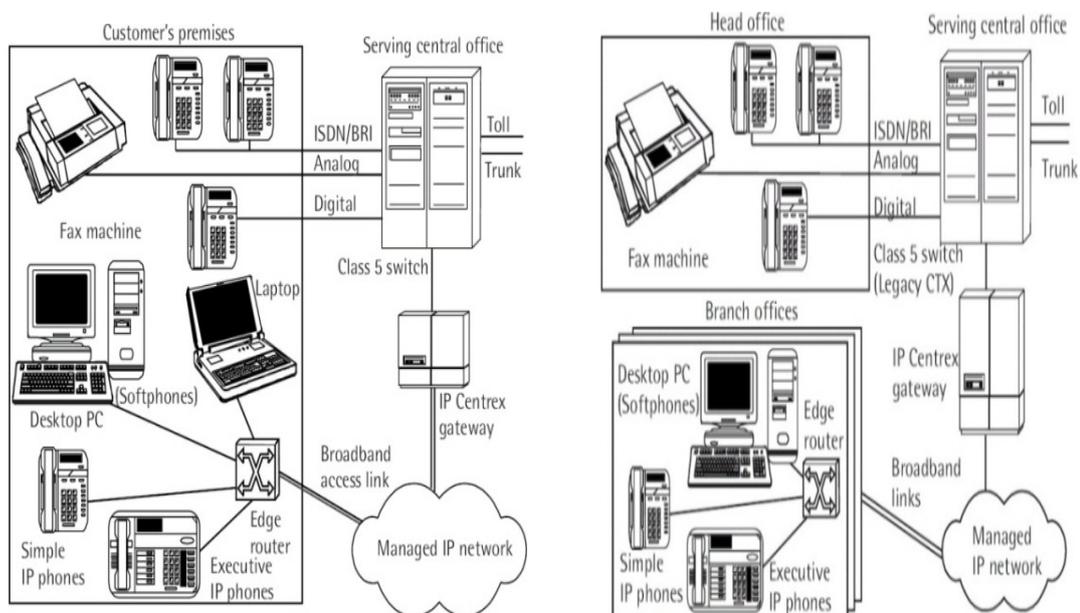
El SCF mantiene el servicio de suscripción de perfil para usuarios de las NGN, a más de realizar la función de servicio de almacenamiento o base de datos. [23]

## 2.2.4. Configuración de CENTREX IP. [24]

El desarrollo de Centrex IP ha seguido la misma ruta de los fabricantes de las PBX IP, teniendo dos etapas principales en este desarrollo, donde Centrex IP es desplegado de una red existente, primordialmente de un operador de servicios de telecomunicaciones, como la PSTN tradicional y otro desplegado por una nueva red que maneja solo tráfico de paquetes. El primer escenario de Centrex IP es descrito como un servicio híbrido y el segundo escenario como Centrex IP puro.

### 2.2.4.1. Centrex IP Híbrido

Esta configuración combina dispositivos IP (teléfonos IP, softphones, etc.) con los teléfonos convencionales (análogo y digital) a la red IP, mediante la implementación de Gateways que facilitan la conversión a terminales IP. Siendo distribuida en una topología de una sola organización o multilocalización.



**Figura 2. 8.** Distribución de Centrex para una organización y multilocalización

Fuente: <http://www.artechhouse.com/uploads/public/documents/chapters/Abrahams497-ch02.pdf> (pág. 13)

### 2.2.4.2. Centrex IP Puro

En una configuración de Centrex IP puro, la comunicación es realizada en un entorno totalmente IP, siendo una limitación actual, debido a los inconvenientes de incompatibilidad con otras tecnologías existentes, a más de la fuerte inversión para la implementación de esta tecnología. Pero la tendencia en las telecomunicaciones advierten una convergencia a la tecnología IP.

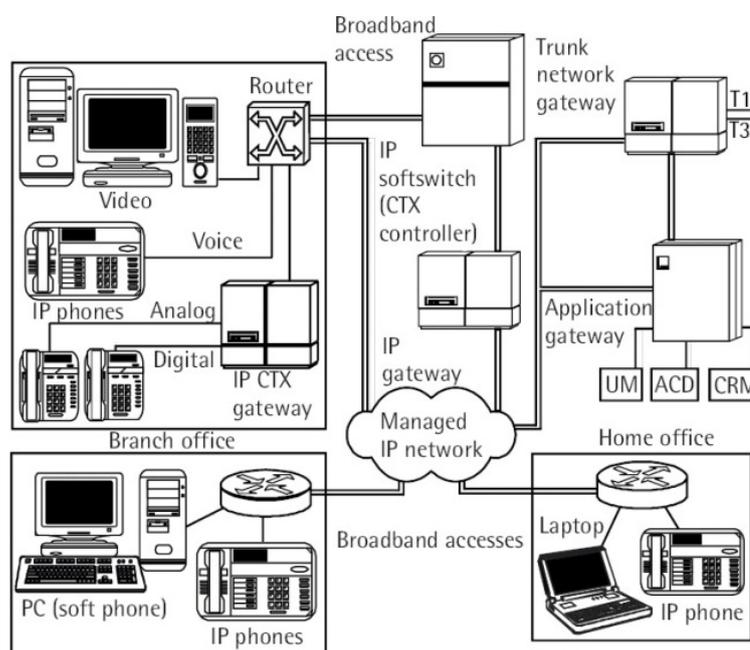


Figura 2. 9. Centrex IP puro

Fuente: <http://www.artechhouse.com/uploads/public/documents/chapters/Abrahams497-ch02.pdf> (pág. 15)

## 2.3 Análisis Actual del servicio Centrex en la ciudad de Cuenca

La empresa ETAPA EP. (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado) es la encargada de brindar el servicio de telecomunicaciones a nivel regional, convirtiéndose en un referente a nivel nacional por sus políticas de satisfacción de clientes mediante la eficiencia, calidad, compromiso social y ambiental, ha visto la necesidad de adoptar la implementación de redes de nueva generación acorde a la necesidades y exigencias de sus clientes,

convirtiéndose en una empresa pionera en tecnología de vanguardia en telecomunicaciones. Por tal motivo, la empresa ETAPA EP ha sido considerada para realizar el estudio de implementación del servicio Centrex IP en la ciudad de Cuenca. ETAPA EP cuenta con una extensa red de diferentes tecnologías, que permite brindar servicios de alta calidad. Los principales servicios ofertados por la empresa son:

- Telefonía inalámbrica CDMA, servicio provisto para zonas rurales con capacidad de transmisión de voz y datos.
- Telefonía fija, a través de líneas de cobre.
- Banda ancha, a través de líneas de abonado digital (DSL).
- Transmisión de Datos por fibra óptica, red multiservicio dedicada a la transmisión a través de canales digitales dedicados.
- Red de Nueva Generación, reúne en una sola red todas las tecnologías, servicios tales como telefonía, video, banda ancha, transmisión de datos, entre otros.

### **2.3.1. Red NGN Etapa**

La red NGN de ETAPA EP está conformada y distribuida de la siguiente topología descrita por la empresa ETAPA en su informe a la Contraloría General del Estado del año 2008, donde encontramos brevemente expuesta la distribución de su red. [25]

**Topología de la Red NGN.-** La topología red de nueva generación “Diagrama de la Red NGN de ETAPA”, está conformada por:

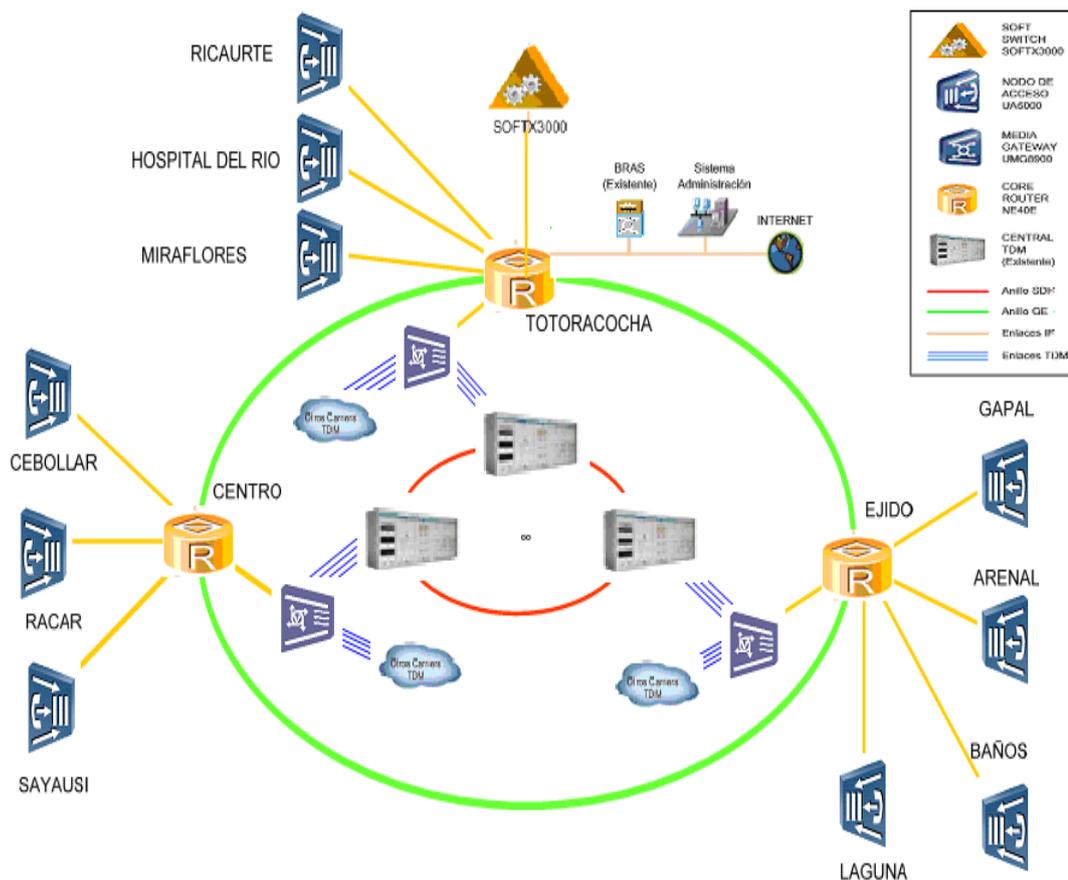
- Un softswitch softX3000 ubicado en la central de Totoracocha.
- 3 routers “Quidway NE40E” y 3 Media Gateway UMG8900 ubicados en las centrales de Totoracocha, Centro y Ejido.
- 13 Media Gateway de Acceso UA5000 ubicados en las centrales Totoracocha, Centro y Ejido y, en los concentradores de Baños, Sayausí, Ricaurte, Miraflores, Arenal, Cebollar, Papal, Racar, Hospital del Río y La Laguna.
- Cada sitio cuenta con un Sistema de Energía, Distribuidores MDF/DDF/ODF para las Centrales, Distribuidores MDF para los

nodos de acceso y, Racks para la ubicación de cada uno de los equipos.

**Gestión de la Red NGN.-** La gestión de la red de nueva generación cuenta con:

- Un sistema de gestión integrado “iManager” compuesto por módulos (N2000 UMS, N2000 BMS, consola U-Path) que permite obtener niveles de gestión topológica, de fallas, desempeño, seguridad y acceso, operación y configuración, servicio, terminales y, análisis de tráfico de red.
- Los elementos de red UMG9800 (Gateway de Medios Universal) y UA5000 (Gateway de Medios de Acceso Multiservicio) permiten un acceso para el mantenimiento in situ.

**Servicios de la Red NGN.-** La red de nueva generación cuenta con servicios de voz, suplementarios, IP Centrex, listas de blancos y negros, video llamada e IPN, y funcionalidades de tarificación, enrutamiento y seguridad.



**Figura 2. 10.** Red NGN de ETAPA.EP

Fuente: [http://www.etapa.net.ec/Empresa/bib\\_emp\\_doc/AuditoriaInterna/2008-12-17-INFORME-FINAL-APROBADO-RED-NUEVA-GENERACION.pdf](http://www.etapa.net.ec/Empresa/bib_emp_doc/AuditoriaInterna/2008-12-17-INFORME-FINAL-APROBADO-RED-NUEVA-GENERACION.pdf) (Anexo No. 3, pág. 38) [25]

### 2.3.2. Descripción de la Red NGN de la marca Huawei

ETAPA EP en la ciudad de Cuenca utiliza la tecnología NGN de Huawei Technologies al igual que en otras empresas en el país, Latinoamérica y el mundo. Esta tecnología consiste en separar la inteligencia de los switches, proporcionando flexibilidad y rendimiento muy alto, aumentando la escalabilidad de los operadores al no tener que gastar enormes sumas en mejoras, cambio importante ya que cada vez se requieren introducir nuevos servicios.

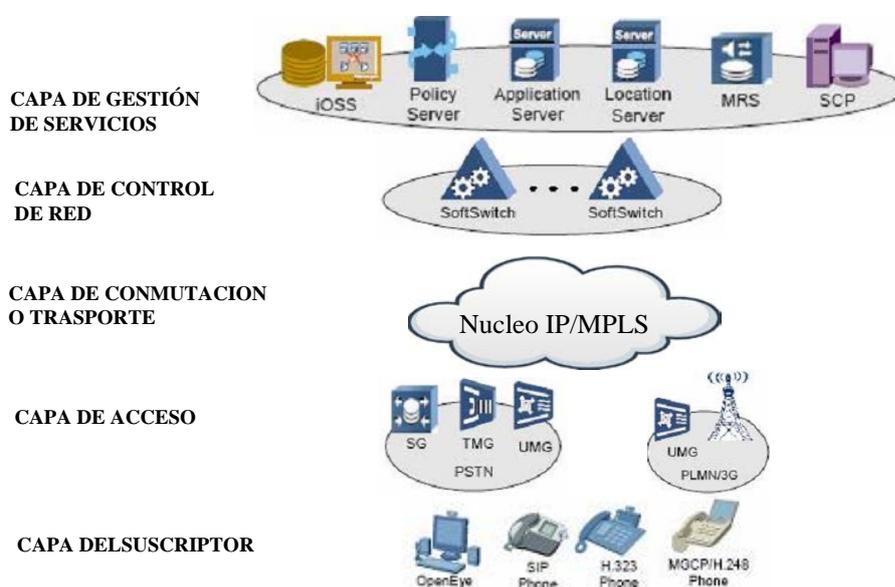
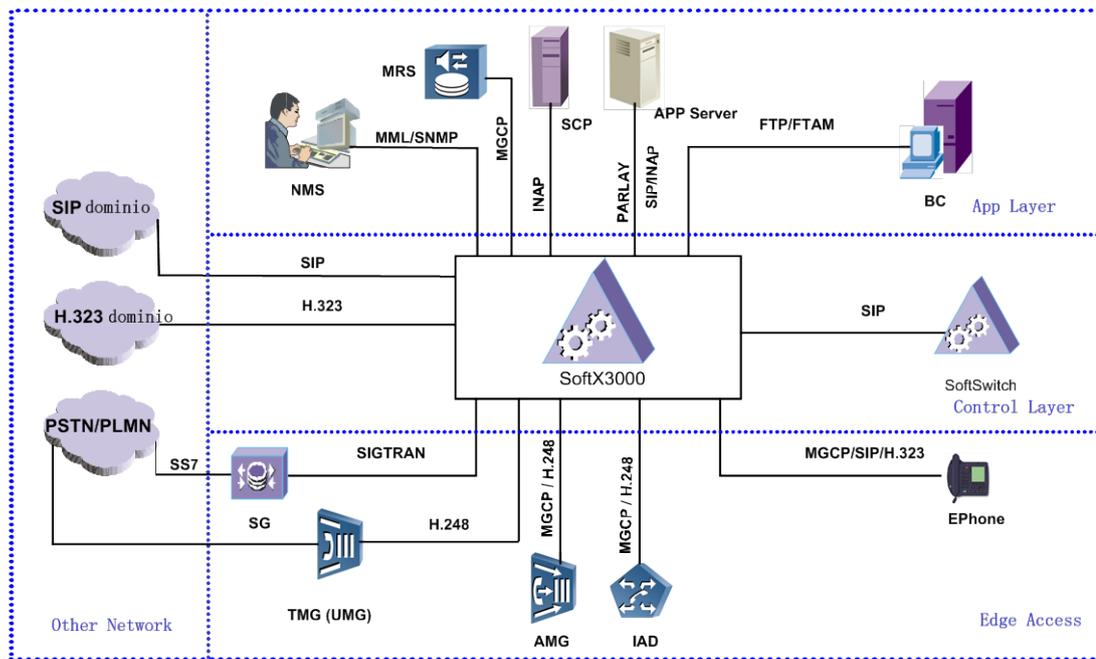


Figura 2. 11. Arquitectura de NGN de Huawei

#### 2.3.2.1. Dispositivo Principal de Control: SoftX3000

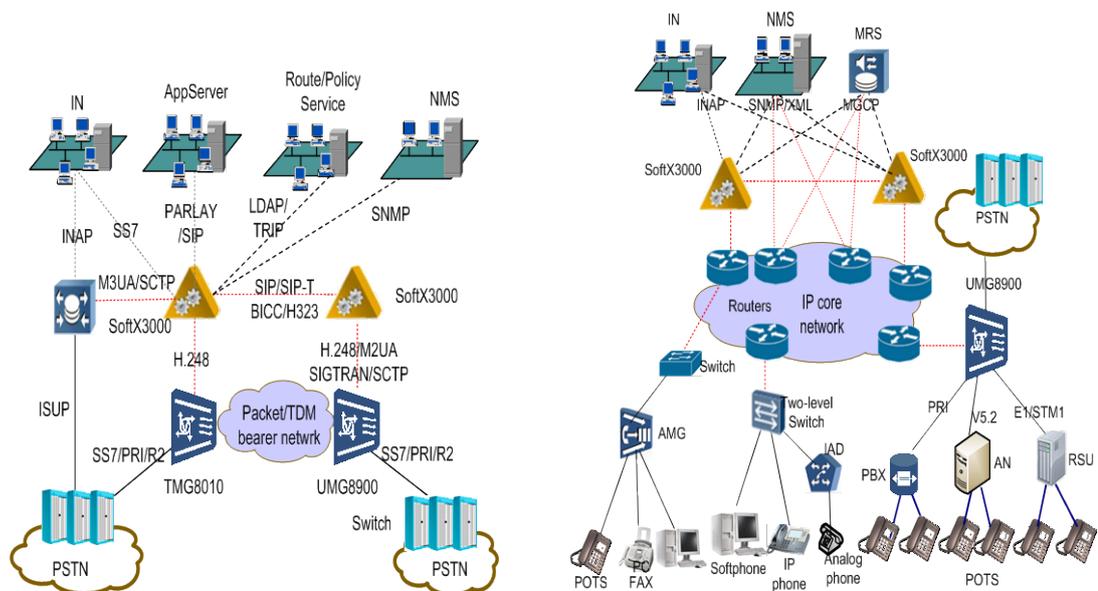
El SoftSwitch es el componente principal de la red NGN, que se encarga del control de llamadas, control de conexión, asignación de recursos, interconexión de servicios y redes. Es capaz de transportar tráfico de voz, datos y video, da la posibilidad de soportar nuevas aplicaciones multimedia y crea integración entre redes antiguas y de avanzada, fijas e inalámbricas. El SoftX3000 es totalmente compatible con todas las funciones de la red pública PSTN, soportando una variedad de protocolos. [26]



**Figura 2. 12.** *Protocolos del SoftX3000*

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/52218139/SoftX3000-20System> (pág.6).

Las soluciones NGN provistas por la empresa Huawei generalmente son de clase 4 y clase 5.<sup>4</sup> Donde la principal diferencia es que la solución de clase 4 hace referencia a una solución de tránsito, es decir de interconexión de accesos NGN por la PSTN y la de clase 5 es una solución para extender la red NGN hasta los usuarios finales.

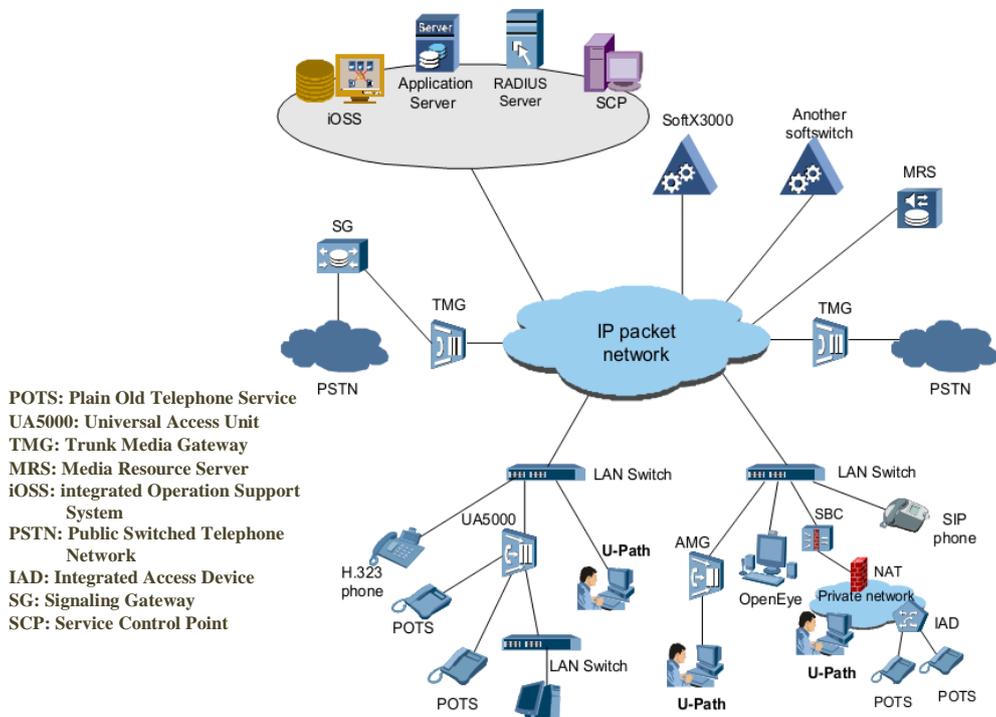


**Figura 2. 13.** *Solución Huawei Clase 4 y Clase 5*

<sup>4</sup> Los términos de clase 4 y clase 5 se denotan por las jerarquías de las centrales de la PSTN tradicional siendo las centrales de clase 1 compuesto por centrales internacionales, clase 2 a clase 4 compuesto por centrales de tránsito, y clase 5 compuesto por centrales que solo conectan usuarios.

### 2.3.2.2. Solución Centrex IP provista por U-SYS de Huawei. [27]

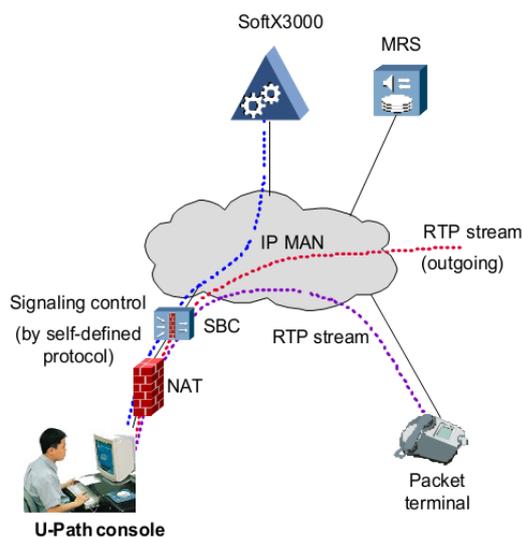
Huawei Technology implementa el servicio Centrex IP a través de la solución U-SYS, que ofrece servicios mediante la conexión del SoftX3000 con una plataforma de red inteligente (IN), en conjunto con un servidor de aplicaciones. La implementación del servicio Centrex IP se la realiza mediante el U-Path en cooperación con el SoftX3000. Donde el U-Path es una unidad terminal de paquetes que realiza funciones de consola, control de llamada, administración de suscriptores y gestión de entrada del servicio Centrex IP.



**Figura 2. 14.** Solución Centrex IP con U-Path de Huawei  
 Fuente: User Manual U-Path Enterprise Communication Assistant V100R002B08

U-Path accede a la red IP a través de la tarjeta DSL del UA5000 o UMG mediante TCP/IP. Mediante un Controlador de Sesión de Borde (SBC), el U-Path en una red privada soporta la función de Traducción de Dirección de Red (NAT), dirigiendo a todos los abonados de Centrex hacia la NGN, siendo estos usuarios de Línea de Abonados Ethernet (ESL), usuarios OpenEye, usuarios multimedia, video, teléfono, y usuarios de teléfonos SIP/ MGCP.

La comunicación principal la establece el SoftSwitch con el U-Path a través de una Red IP de Área Metropolitana (IP MAN).



**Figura 2. 15.** Comunicación Principal U-Path

Fuente: User Manual U-Path Enterprise Communication Assistant V100R002B08

El SoftX3000 está conectado a la IP MAN a través de la tarjeta IFMI (IP Forward Module) que es utilizada para recibir y transmitir paquetes IP. El U-Path se comunica con el SoftX3000 mediante el SBC, respaldando la función NAT; de tal modo, que pueda dirigir servicios de Centrex e imponer correcciones. Bajo el control del SoftX3000, el U-Path se conecta a la PSTN o al Servidor de Recursos de Medios (MRS), que posibilita procesamiento de funciones requeridas para servicios básicos y avanzados. A través del mecanismo de negociación para el flujo de medios RTP, el U-Path se conecta y se comunica con otros terminales de paquete.

Especificación	Valor
Número máximo de grupos en un Centrex	256
Número máximo de U-Paths soportados por el SoftX3000	20,000
Número máximo de U-Paths soportados por un módulo FCCU/FCSU	500
Número máximo de abonados intra-Centrex que puede administrar el U-Path.	Depende del número de abonados en el SoftX3000
Tamaño máximo de los números en un grupo Centrex	8 dígitos
Número máximo de colas	8 (el número puede ser nx8, si múltiples U-Paths se comunican al mismo tiempo. "n" es el número de U-Paths en un grupo de Centrex.
Número máximo de colas retenidas	8
Número máximo de canales soportados por asistencia automatizada	10

**Tabla 2. 3.** Especificaciones técnicas de la solución U-Path

Fuente: User Manual U-Path Enterprise Communication Assistant V100R002B08

### 2.3.3. Otras Empresas

El servicio Centrex IP puede ser proporcionado por empresas con soporte de tecnología IP, la cual debe poseer una red de avanzada que tenga la capacidad para ofrecer una cartera de multi-servicios. Las empresas que han optado por estas tecnologías son las operadoras de telefonía fija y móvil, las cuales tienen instaladas sus redes a lo largo de todo el país. Las principales empresas operadoras de telefonía en nuestro entorno son: la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP); en su red fija y móvil con Alegro (ex TELECSA), las empresas de operadoras de telefonía móvil Claro (CONECEL) y Movistar (OTECCEL). La empresa CNT se encuentra brindando el servicio de Centrex a nivel Nacional, mientras las operadoras de telefonía móvil multinacionales, se encuentran brindando este servicio en otros sitios geográficos como El Salvador (Claro) y en España por Telefónica (Movistar). Para el posterior análisis, se presenta brevemente las tecnologías y tarifaciones de servicios relacionados con Centrex IP de las principales empresas operadoras de telefonía.

#### 2.3.3.1. Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.

Es la empresa estatal de Telecomunicaciones que brinda el servicio de telefonía a nivel nacional, gozando de la red de telefonía más extensa del país. La CNT E.P. a pesar de no brindar el servicio Centrex IP posee el servicio Centrex tradicional, dividido en dos categorías: Centrex Residencial y Centrex Comercial, los cuales se facturan de acuerdo a los valores establecidos por la empresa.

TARIFA DE CENTREX CNT E.P.		
Plan	Inscripción	Pension básica Mensual (USD)
Plan Residencial local mismo dominio	0	2.4
Plan Residencial comercial mismo dominio	0	2.4

**Tabla 2. 4.** Tarifa de Centrex de la CNT

Fuente: [http://www.scribd.com/aroldot\\_2/d/89659221-Catalogo-v8-Editado-4-Oct-Cp](http://www.scribd.com/aroldot_2/d/89659221-Catalogo-v8-Editado-4-Oct-Cp) (pág. 29)

La CNT también dispone de acceso a troncales IP mediante la red NGN, la misma que sirve para integrar servicios de voz, datos, fax y servicios de video. Facilitando la implementación de una central PBX IP, las tarifas de las troncales IP se distribuyen y detallan a continuación. [28]

<b>TARIFA DE TONCALES IP CNT E.P.</b>				
<b>Troncales IP</b>	<b>Cantidad de números asignados por troncal</b>	<b>Ancho de banda simétrico necesario</b>	<b>Derechos de inscripción (USD)</b>	<b>Tarifa básica Mensual (USD)</b>
5	10	450 Kbps	150.00	60.00
10	20	900 Kbps	150.00	120.00
20	40	1800 Kbps	300.00	240.00
30	60	2700 Kbps	450.00	360.00
60	120	5400 Kbps	450.00	720.00
100	200	9000 Kbps	450.00	1200.00

**Tabla 2. 5. Tarifa de Troncales IP de la CNT**

Fuente: [http://www.scribd.com/aroldot\\_2/d/89659221-Catalogo-v8-Editado-4-Oct-Cp](http://www.scribd.com/aroldot_2/d/89659221-Catalogo-v8-Editado-4-Oct-Cp) (pág. 32)

#### **2.3.3.1.1. Alegro**

La empresa TELECSA ingresó al mercado Ecuatoriano con una concesión directa para ofrecer servicios SMA (Servicio Móvil Avanzado) en la banda de 1900Mhz, con tecnología CDMA2000 1xRTT y mejoramiento EV-DO Revisión A, el cual es compatible con todos los estándares CDMA. Debido al éxito comercial de la tecnología GSM en la región, ha llevado a Alegro a sostener un convenio con Movistar, arrendando su red de radio, convirtiéndose en un Operador Móvil Virtual para prestar los servicios GSM en el Ecuador.[29]

#### **2.3.3.2. Claro**

La operadora telefónica Claro opera en la banda de 1900Mhz con tecnología de tercera generación UMTS en las ciudades principales del país con el mejoramiento HSDPA, logrando tasas de datos en downlink de hasta 2Mbps.[29] Claro no cuenta con la implementación del servicio Centrex IP a nivel nacional, pero este servicio es implementado en otros países como el Salvador, Guatemala y Colombia.

### 2.3.3.3. Movistar

La operadora española Telefónica bajo la marca de Movistar también se encuentra implementada por redes de tercera generación en las principales ciudades del Ecuador, contando con tecnología de mejoramiento HSDPA sobre su red UMTS en la banda de 1900MHz. [29].

### 2.3.3.4. Tarifas de Empresas de Telefonía Móvil

Mediante la implementación del servicio Centrex IP las tarifas de las diferentes operadoras pueden verse reducidas. Las tarifas vigentes por las empresas operadoras de telefonía móvil, publicada por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador (SENATEL) se detallan a continuación [30]:

TARIFAS PREPAGO (USD)				
Empresa	ONNET	OFFNET – Fijo	OFFNET - Otro Móvil	Promedio Simple
	Prepago en la misma red	Prepago – fijo	Prepago - otro móvil	
<b>Concel S.A.</b>	\$ 0,0500	\$ 0,1600	\$ 0,2200	\$ 0,14
<b>Otecel S.A.</b>	\$ 0,0800	\$ 0,1800	\$ 0,1800	\$ 0,15
<b>CNT EP. (ex-Telecsa S.A.)</b>	\$ 0,0500	\$ 0,1200	\$ 0,2200	\$ 0,13

Tabla 2. 6. Tarifa Prepago de Operadoras Móviles (marzo 2012)

Fuente:[http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=670&Itemid=327](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=670&Itemid=327)

TARIFAS PREPAGO Y POSPAGO (MÁXIMAS Y MINIMAS) (USD)				
EMPRESA	TARIFAS MÁXIMAS		TARIFAS MÍNIMAS	
	Máxima Prepago	Máxima pospago OFF NET	Mínima Prepago	Mínima pospago ON NET
<b>Concel S.A.</b>	\$ 0,2200	\$ 0,2200	\$ 0,0500	\$ 0,0200
<b>Otecel S.A.</b>	\$ 0,1800	\$ 0,2332	\$ 0,0800	\$ 0,0400
<b>CNT EP. (ex-Telecsa S.A.)</b>	\$ 0,2200	\$ 0,3000	\$ 0,0500	\$ 0,0400

Tabla 2. 7. Tarifa Pospago de Operadoras Móviles (marzo 2012)

Fuente:[http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=670&Itemid=327](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=670&Itemid=327)

Tipo de Plan	Rango de Costo de Plan	Cargo básico (USD)	MBytes incluidos	Costo por Mbyte	Velocidad (kbps)	Vigencia	Tecnología
<b>CONECCEL</b>							
Pospago	Rango 0 - 29 USD	\$ 15	60	\$ 0,25	1024*	-	HSDPA/EDGE
	Rango 30 - 49 USD	\$ 30	ilimitado	-	1024*	-	HSDPA/EDGE
	Rango ≥ 50 USD	N/D	N/D	N/D	N/D	-	-
Prepago	-	N/D	N/D	N/D	N/D	-	-
<b>OTECCEL</b>							
Pospago	Rango 0 - 29 USD	\$ 15	60	\$ 0,25	1024*	-	HSDPA/EDGE
	Rango 30 - 49 USD	N/D	N/D	N/D	N/D	-	HSDPA/EDGE
	Rango ≥ 50 USD	N/D	N/D	N/D	N/D	-	HSDPA/EDGE
Prepago	Recarga	\$ 20	500	\$ 0,04	1024*	30 días	HSDPA/EDGE
	Bajo demanda	-	-	\$ 2,00	1024*	-	HSDPA/EDGE
<b>TELECSA</b>							
Pospago	Rango 0 - 29 USD	\$ 15	ilimitado**	-	1024	-	CDMA1X/ EV-DO
	Rango 30 - 49 USD	N/D	N/D	N/D	N/D	-	-
	Rango ≥ 50 USD	N/D	N/D	N/D	N/D	-	-
Prepago	Bajo demanda	-	-	\$ 0,99	1024	-	CDMA1X/ EV-DO

**Tabla 2. 8. Tarifas de Internet Móvil de operadoras SMA. [29]**

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3173/1/T-ESPE-031073.pdf>

Tipo de Plan	Rango de Costo de Plan	Cargo básico (USD)	MBytes incluidos	Costo por Mbyte	Velocidad (kbps)	Vigencia	Tecnología
<b>CONECCEL</b>							
Pospago	Rango 0 - 29 USD	\$ 20	1.000	\$ 0,020	1024 *	-	HSDPA/EDGE
	Rango 30 - 49 USD	\$ 30	2.000	\$ 0,015	1024 *	-	HSDPA/EDGE
	Rango ≥ 50 USD	\$ 50	5.000	\$ 0,010	1024 *	-	HSDPA/EDGE
Prepago	-	\$ 30	1.500	\$ 0,020	1024 *	15 días	HSDPA/EDGE
<b>OTECCEL</b>							
Pospago	Rango 0 - 29 USD	\$ 19	2.000	\$ 0,010	2048 *	-	HSDPA/EDGE
	Rango 30 - 49 USD	\$ 29	5.000	\$ 0,006	2048 *	-	HSDPA/EDGE
	Rango ≥ 50 USD	\$ 49	10.000	\$ 0,005	2048 *	-	HSDPA/EDGE
Prepago	-	\$ 34	ilimitado	-	2048 *	15 días	HSDPA/EDGE
<b>TELECSA</b>							
Pospago	Rango 0 - 29 USD	\$ 19	1200 **	\$ 0,016	1024 *	-	CDMA1X/ EV-DO
	Rango 30 - 49 USD	\$ 29	5000 **	\$ 0,006	1024 *	-	CDMA1X/ EV-DO
	Rango ≥ 50 USD	\$ 49	10000 **	\$ 0,005	1024 *	-	CDMA1X/ EV-DO
Prepago	-	\$ 30	ilimitado **	-	-	15 días	CDMA1X/ EV-DO

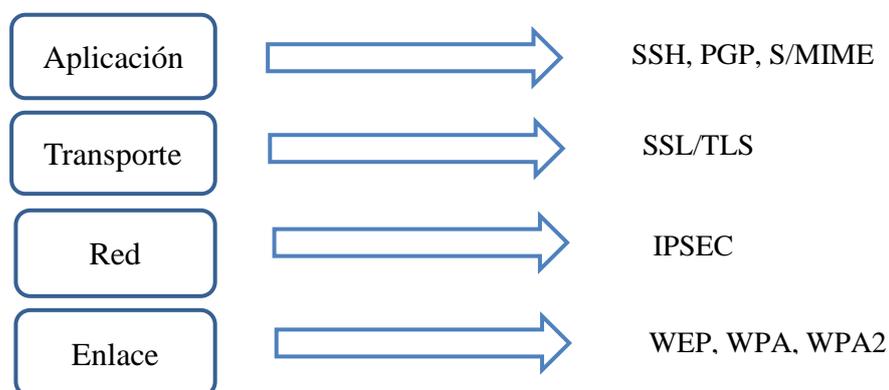
**Tabla 2. 9. Tarifas de Internet Banda Ancha de operadoras SMA. [29]**

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3173/1/T-ESPE-031073.pdf>

## 2.4 Seguridad en CENTREX IP

El propósito en la seguridad de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información consiste en evitar que la información comprometa su autenticidad, disponibilidad, integridad y privacidad. Dejando sin efecto las amenazas y ataques a los que podrían ser objeto, para lo cual se establecen mecanismos apropiados para cumplir este objetivo. [31]

Los mecanismos de protección en una red se pueden distribuir por capas, donde los más representativos son:



**Figura 2. 16.** *Protocolos de seguridad*

El servicio Centrex IP utiliza mecanismos de seguridad adecuados para cumplir los requisitos generales de seguridad de la NGN. De acuerdo con la recomendación UIT-T G.3612, Centrex IP establece diferentes mecanismos de seguridad de capas como TLS, IPsec y S/MIME, que se deben utilizar durante la ejecución del servicio.

#### **2.4.1. TLS**

TLS (Transport Layer Security) es un protocolo definido por la IETF en (RFC 2246), que proporciona privacidad a las comunicaciones en Internet utilizando criptografía simétrica, con clave específica para la conexión y comprobación de integridad de mensaje. TLS es sucesor de SSL (Secure Sockets Layer) que busca integrar en un esquema tipo SSL, a nivel de la capa TCP/IP, para el efecto "tunel" que se implementa con SSL.[32]

SSL es uno de los protocolos más confiables al punto que muchas instituciones financieras han aprobado a SSL para transacciones por Internet como Visa, MasterCard, American Express, entre otras. TLS brinda mayor facilidades al ser un protocolo público y ser más seguro al utilizar dos campos más en la MAC que SSL.

#### **2.4.2. IPSec**

IPSec se refiere a una sucesión de protocolos de seguridad definido por la IETF (RFC 2401), que protege las comunicaciones de Internet por medio del cifrado, autenticación, confidencialidad, integridad de datos, protección anti-repetición, y protección contra el análisis del flujo de tráfico. IPSec trabaja con métodos de cifrado populares en la capa de red tales como; Diffie-Hellman, DES, 3DES, MD5, y SHA1, pudiendo adoptar nuevos algoritmos y normas.

#### **2.4.3. S/MIME**

S/MIME (*Secure MIME* o *Secure Multipurpose Mail Extension*) definida por la IETF en (RFC 2633), es un proceso de seguridad utilizado para el intercambio de correo electrónico, que hace posible garantizar la confidencialidad y el reconocimiento de autoría de los mensajes electrónicos. El estándar S-MIME se basa en el principio de cifrado de clave pública. Por lo tanto, S/MIME permite cifrar el contenido de un mensaje, pero no cifra la comunicación. El S-MIME está basado en el estándar MIME, cuyo objetivo es permitir a los usuarios adjuntar a sus mensajes electrónicos archivos diferentes a los archivos de texto ASCII (American National Standard Code for Information Interchange).

#### **2.4.4. SRTP**

SRTP (Secure Real-time Transport Protocol) definido por la IETF en (RFC 3711), es una extensión del perfil de RTP para conferencias de audio y vídeo que puede usarse opcionalmente para proporcionar confidencialidad, autenticación de mensajes y protección de reenvío para flujos de audio y vídeo.

## **2.4.5. Otros Mecanismos de Protección [33]**

### **2.4.5.1. VPN**

Una VPN (Virtual Personal Network) consiste en la transmisión de paquetes de datos de un determinado protocolo encapsulados en otro, de manera que el contenido del paquete original puede llegar inalterado a su destino, creando como una conexión punto a punto virtual a través de una red.

### **2.4.5.2. Contrafuegos (Firewalls)**

Un Firewall o Gateway de seguridad es el que establecen políticas de seguridad y tecnologías encaminadas a proporcionar seguridad en la red, controlan el tráfico que circula entre dos o más redes. Los firewalls de VoIP son complicados de manejar y poseen múltiples requerimientos.

### **2.4.5.3. IDS**

Un IDS (Intrusion Detection System) monitoriza la red para detectar cualquier anomalía en el servicio o un abuso potencial. Las advertencias son una clave para prevenir los ataques posteriores.

### **2.4.5.4. ACL**

Las ACL (Access Control List) son listas de sentencias que se aplican a una interfaz del router, indicando que tipos de paquetes deben aceptar y que tipos de paquetes se deben denegar, basándose en: dirección origen , dirección destino, protocolo de capa superior y numero de puerto.

## **CAPÍTULO III**

### **CENTREX VS PBX**

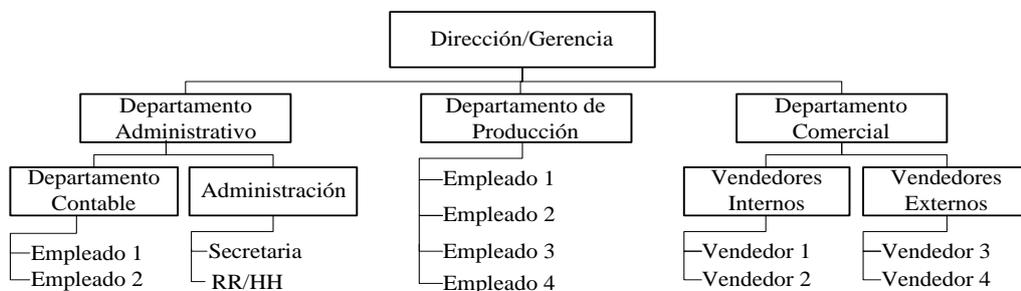
## CAPÍTULO III. CENTREX VS PBX

### 3.1 Introducción

Para satisfacer las necesidades de una empresa, se debe conocer sus características y requerimientos, de esta forma, las decisiones tomadas se basarán en información que brinden soluciones óptimas para la implementación de una red. El objetivo de este capítulo es diseñar una red integrada de voz y datos mediante tecnología VoIP para una PyME<sup>5</sup>, enfocada a una empresa modelo que posea características y requerimientos esenciales. Se analizarán las alternativas Centrex IP y PBX IP, mediante la solución de softswitch para Centrex IP y las soluciones propietarias privativas y de código abierto para PBX IP. Además se realizará un análisis comparativo de las diferentes soluciones y el análisis económico de Centrex IP.

#### 3.1.1. Decisiones generales en el Diseño

El desarrollo del presente proyecto de investigación está enfocado básicamente para una PyME, que se define en términos generales como una empresa con ventas y volúmenes de producción moderados, que no cuentan con altos capitales y disponen de un número de personal reducido. El organigrama típico establecido para una PyME se detalla a continuación.



**Figura 3. 1.** Organigrama de una PyME

Fuente: <http://img.redusers.com/imagenes/libros/lpcu127/capitulogratis.pdf>

<sup>5</sup> PyME acrónimo de Pequeña y Mediana Empresa

### 3.1.2. Particularidades de Diseño

La empresa modelo está conformada por secciones descritas en el organigrama, que muestra los niveles jerárquicos de una PyME. Generalmente, esa información es suficiente para comenzar con el diseño de una red, aunque también depende de particularidades que se deben considerar.

La empresa de nuestro estudio está distribuida en una sucursal principal: donde se elabora y confecciona el producto a más de servir como dirección y administración del negocio; una sucursal: que sirve para la venta directa a clientes, almacenamiento y despacho del producto; una oficina en casa: que extiende la organización hacia el hogar, en el cual se ejecutan tareas de venta, administración y gestión de bodega.

La distribución física establecida para el análisis y diseño de red se detalla en la siguiente figura.

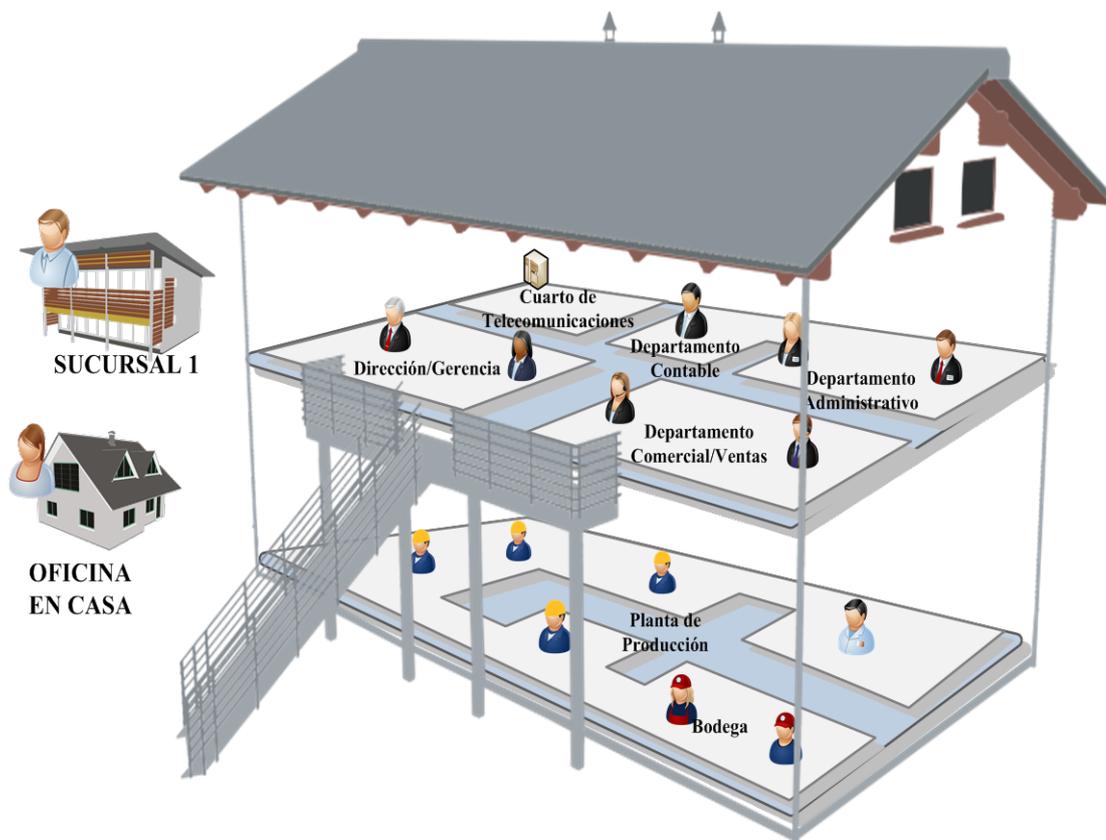
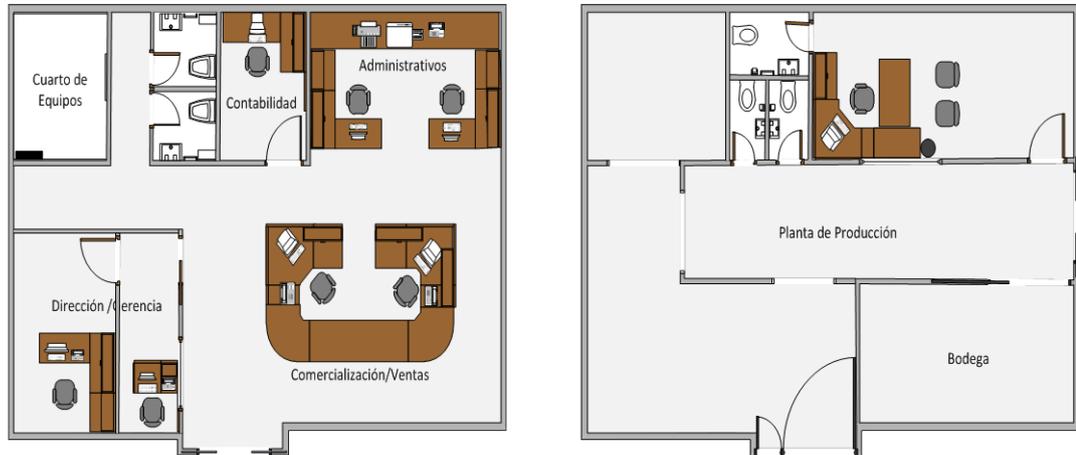


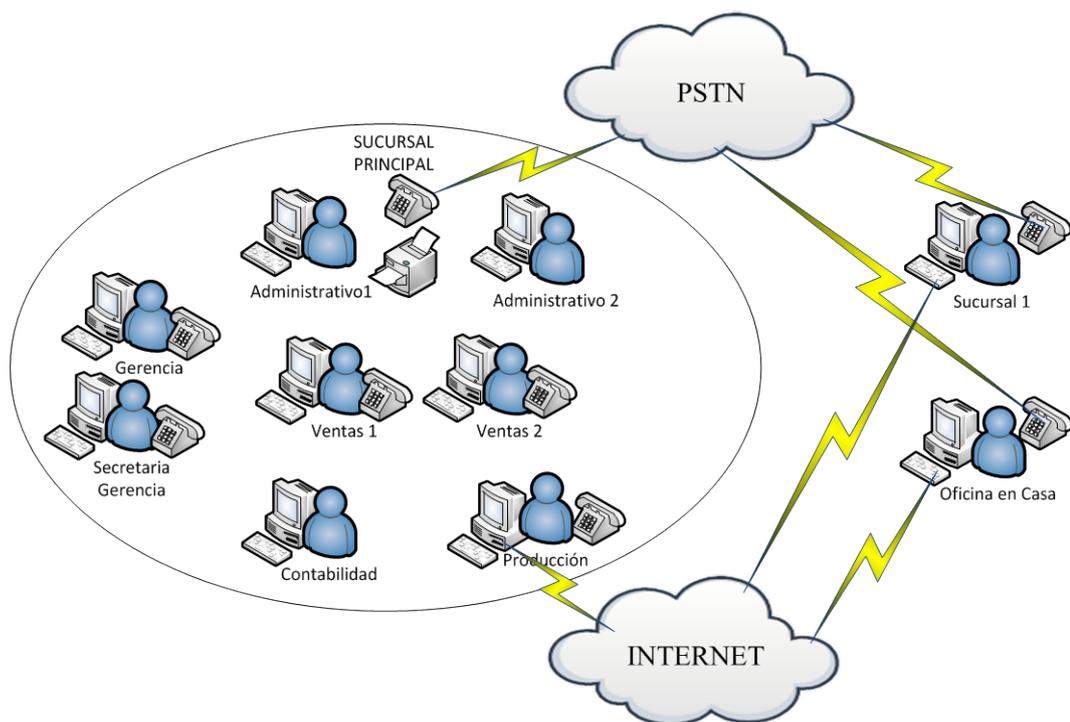
Figura 3. 2. Esquema de distribución de la empresa

Para la distribución física de la sucursal principal, se ha considerado la funcionalidad estándar de una empresa, para poder distribuir los equipos y conexiones requeridas.



**Figura 3. 3.** Distribución de la sucursal principal

La distribución de la red es un factor importante ya que la comunicación entre empleados de una misma área como de distintas áreas puede lograr una buena productividad.



**Figura 3. 4.** Esquema de red de comunicación

### 3.2 Diseño de Red para VoIP

Para el diseño de un sistema de telefonía basada en tecnología VoIP se considera que la red cumpla con aspectos importantes, como son:

- Cubrir las actuales necesidades de comunicaciones de la empresa.
- Posibilidad de crecimiento tanto a nivel de capacidad como a nivel de prestaciones.
- Disponer de un servicio técnico flexible.
- El costo de implementación no repercuta significativamente en la empresa.

Una red de VoIP puede soportar el tráfico de voz entre los locales de la empresa minimizando los costos, ofreciendo una buena calidad de servicio y realizando interoperabilidad con la PSTN.

El diagrama de red de la empresa en estudio se muestra en la siguiente figura:

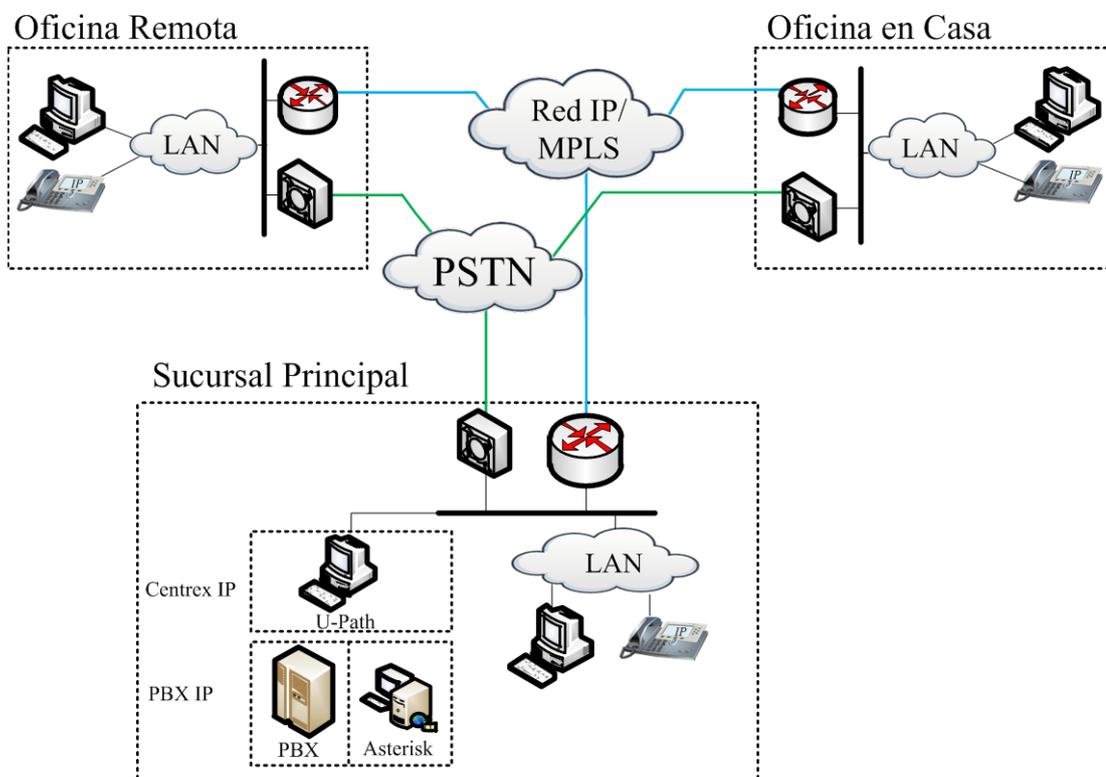


Figura 3. 5. Estructura de la Red con VoIP

### 3.2.1. Análisis de Tráfico de Voz

La intensidad de tráfico telefónico hace referencia al volumen de tráfico observado en un periodo de tiempo, denotada en la unidad de tráfico internacional (Erlang).

$$A = \frac{V_t}{T}, \quad V_t = c \times h \quad (3.1)$$

- $V_t$  es el volumen de tráfico, que es igual al número de llamadas ( $c$ ) multiplicado por la duración promedio llamada ( $h$ ).
- $T$  es tiempo de observación, por lo general hace referencia una hora pico

La duración promedio de llamada, al igual que el número de llamadas en una hora pico, se puede obtener mediante estadística aplicada a la tarificación telefónica de una empresa o en base a requerimientos de ésta. Para nuestro análisis, la empresa poseerá un tiempo de duración promedio de llamada estándar de 2 minutos, también cuenta con 8 líneas telefónicas, considerando que por cada línea en la hora pico se realizan 5 llamadas, obtenemos el número de llamadas en la hora pico, de la siguiente manera:

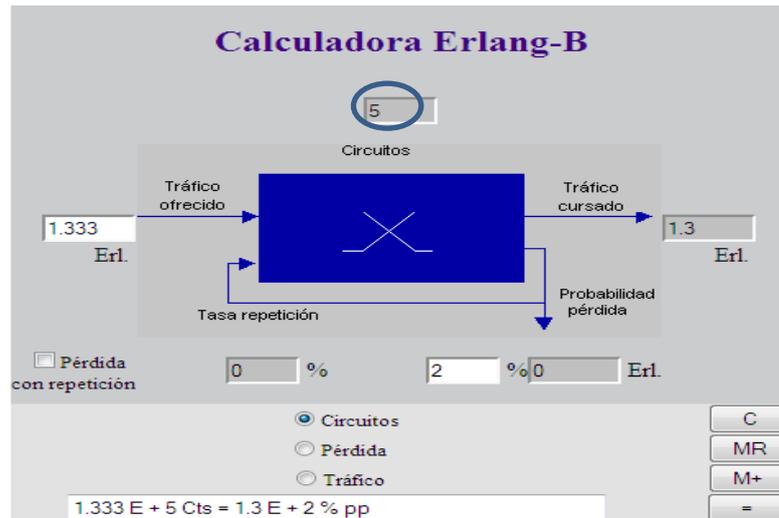
$$c = 5 \text{ llamadas} \times 8 \text{ líneas} = 40 \text{ llamadas}$$

Para encontrar el tráfico de voz en la hora pico se utiliza la fórmula de la intensidad de tráfico vista en la ecuación 3.1.

$$A = \frac{40 \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 1.333 \text{ Erlangs}$$

#### 3.2.1.1 Cálculo de Canales Telefónicos

Para encontrar el número de canales de voz necesarios que maneje un tráfico externo, se considera una probabilidad de pérdida Erlang B; que puede ser calculado mediante tabla de Erlang B, calculadoras Web o a través de la fórmula de Erlang B (Anexo 1); considerando un 2% como grado de servicio (valor recomendado por la ITU para telefonía).

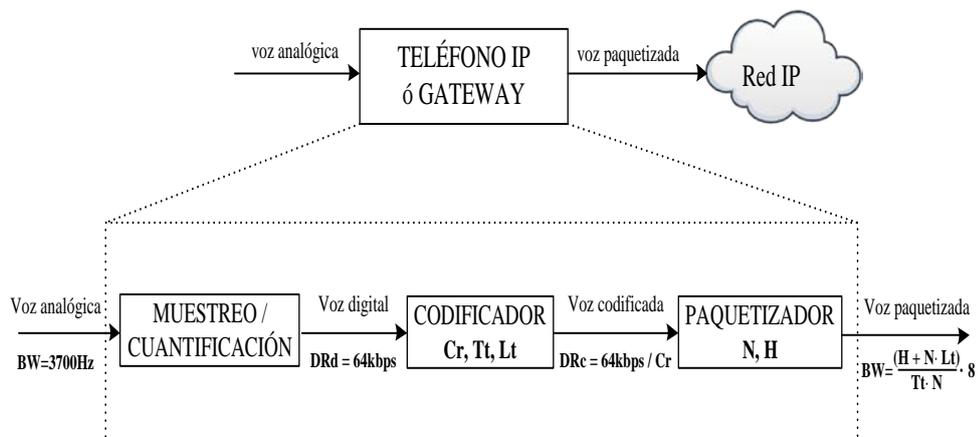


**Figura 3. 6.** Calculadora web Erlang B  
Fuente: <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/cerlangb.htm>

Una vez determinado el número de circuitos o canales necesarios, se debe determinar el ancho de banda requerido para ese número de canales.

### 3.2.1.2 Cálculo del Ancho de Banda para VoIP

Para realizar el cálculo de ancho de banda en VoIP, se debe conocer el tratamiento que recibe la voz en un dispositivo IP, para que ésta pueda ser transportada. Donde los dispositivos de VoIP internamente realizan procesos de digitalización, codificación y paquetización de la voz, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3. 7.** Funcionamiento de VoIP

- BW: ancho de banda en Kbps
- DRd: tasa de la voz digitalizada en Kbps
- DRc: tasa de la voz codificada en Kbps
- Cr : factor de compresión en veces
- Tt : tiempo de trama en milisegundos
- Lt : longitud de trama en Bytes (B)
- H : tamaño de encabezado en Bytes
- N : número de tramas por paquete

La fórmula para el cálculo ancho de banda que utilizan los códec actuales, proviene del análisis de valores fijos como el tamaño total del paquete (Pl) y la tasa de paquetes (Pr), siendo el ancho de banda la multiplicación de estos valores pasados a bits.

$$\begin{aligned}
 BW &= (Pl) \times (Pr) \times \left( \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \right) \\
 BW &= (H + N \cdot Lt) \times \left( \frac{1}{N \cdot Tt} \right) \times (8) \\
 BW &= \frac{(H + N \cdot Lt)}{N \cdot Tt} \cdot 8 \quad [\text{Kbps}] \quad (3.2)
 \end{aligned}$$

En el proceso de muestreo se realiza la conversión analógica a digital mediante el criterio de Nyquist a una tasa de 8.000 muestras por segundo con 8 bits por muestra, dando como resultado una tasa de datos de entrada al codificador de 64Kbps.

En el proceso de codificación, la voz codificada posee un tamaño de la longitud de trama dependiendo del códec utilizado, que se calcula de la siguiente forma:

$$Lt = \frac{Tt \times 8000 \text{ (Bytes/seg)}}{Cr} \quad [\text{Bytes}]$$

Los parámetros para elegir el códec adecuado se basa en la capacidad de red y latencia, optando por el códec G.729, ya que éste hace un mejor uso de la capacidad de la red, permitiendo la reproducción de sonido de alta calidad a una tasa de bit de 8 Kbps, el factor de compresión Cr es 8 y el tiempo de generación de tramas Tt es 10ms. Reemplazando los valores descritos, el tamaño de tramas es igual a:

$$\begin{aligned}
 Cr &= 64 \text{ (Kbps)} / 8 \text{ (Kbps)} = 8 \text{ veces} \\
 Lt &= \frac{10 \text{ ms} \left( \frac{1 \text{ seg}}{1000 \text{ ms}} \right) \times 8000 \text{ (Bytes/seg)}}{8} = 10 \text{ Bytes}
 \end{aligned}$$

En el proceso de paquetización se calcula el número de tramas paquetizadas (N) y la cabecera (H). Para calcular N se considera la Latencia y el Jitter admitidos para VoIP. La latencia es la suma de los retardos producidos por los dispositivos en la transmisión de paquetes, donde los retardos principales se generan por los dispositivos de red o elementos de conexión. Los principales retardos generados en una transmisión VoIP son:

- El retardo algorítmico y de paquetización: que depende del códec utilizado, donde los valores establecidos para el códec G.729 se considera.

$$T_{codec} = T_t + T_{la} = 10ms + 5ms = 15ms$$

- El retardo de señalización: hace referencia al tiempo que ejecutan los equipos en el procesamiento para el transporte de la información, puede ser descrita:

$$\#equipos \times (tiempo\ de\ proc.) = 10\ Routers \times (1us) + cola(2us) = 12us$$

- El retardo de Propagación: se refiere al tiempo en que la información se transporta por el medio, generalmente por se realiza por fibra óptica.

$$\frac{\text{Distancia enlace}}{\text{velocidad de la luz dentro de la fibra}} = \frac{5000m}{2 \times 10^8 m/s} = 25\mu s$$

Los valores obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

DISPOSITIVO	RETARDO
Codec (retardo algorítmico y paquetización)	(N x T <sub>codec</sub> ) ms
Retardo de Señalización (10 Routers)	12 us
Retardo de propagación (5 km de fibra)	25 us
Jitter (Consideración VoIP 40 – 80 ms )	80 ms
<b>Latencia (Consideración VoIP 100 – 150 ms)</b>	<b>150 ms</b>

**Tabla 3. 1. Retardos de transmisión en VoIP**

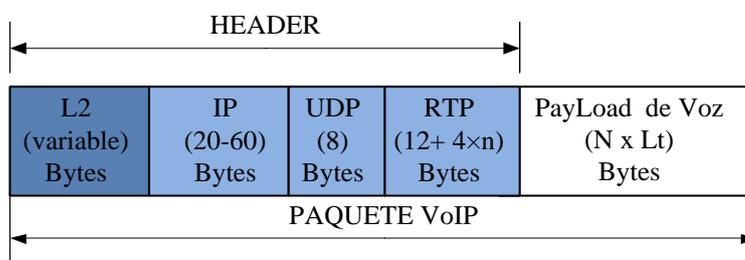
Considerando los valores máximos permitidos para el Jitter de 80ms y Latencia de 150 ms, se calcula el número máximo de tramas que puede soportar VoIP.

$$(N \times T_{codec}) + 0.012 + 0.025 + 80 \leq 150$$

$$N \leq 4$$

Teniendo presente éste cálculo, se obtiene que el valor de las tramas (N) no debe exceder a 4, ya que al superar éste valor la percepción de la calidad de voz disminuirá saliendo de los parámetros establecidos de Jitter y Latencia requeridos para VoIP.

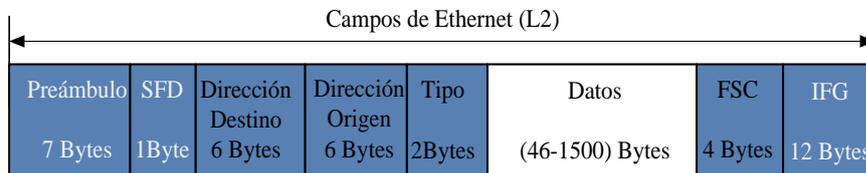
Lo último a considerar es la cabecera o Header (H) que para VoIP está conformado por el tamaño en Bytes de los protocolos RTP, UDP e IP, más el tamaño del protocolo de capa 2 (L2). Adicionando la carga útil de la voz se conforma el paquete de VoIP, como se muestra en la figura:



**Figura 3. 8.** Paquete VoIP

Para establecer el tamaño de los protocolos se toma las siguientes consideraciones: RTP es de tamaño variable, siendo 12 Bytes fijos y cuando exista conferencia, el tamaño aumenta en 4 Bytes más por cada contribuyente, para nuestro caso, se considera RTP con 12 Bytes; UDP cuenta con un tamaño fijo de 8 Bytes; IP tiene un tamaño de 20 a 60 Bytes, que pueden variar en otras aplicaciones pero para VoIP el tamaño es 20 Bytes. La suma de estos tres encabezados dan un total de 40 Bytes que pueden ser comprimidos mediante la recomendación RFC 2508 de la IETF que comprime el tamaño de RTP a un tamaño de 2 a 4 Bytes, la compresión se la obtiene evitando repetir la misma información presente en cada uno de los paquetes, como la longitud del paquete, que puede repetirse tanto en la cabecera de IP como de UDP, etc. Para nuestro cálculo no se considerara la compresión del encabezado, es decir contara con 40 Bytes.

El protocolo de capa 2 será implementado sobre Ethernet, donde los campos que aportará este protocolo será de 18 Bytes, los campos descritos en gris no se consideran, debido a que cumplen funciones de sincronismo.



**Figura 3. 9. Cabecera Ethernet**

En el desarrollo de nuestro proyecto la configuración de la red interna será implementada mediante Ethernet, pero el transporte en la red IP-MAN se considera con MPLS, que adhiere 4 Bytes más al campo Ethernet para su transporte. Sumando los diferentes aportes de cada protocolo, la cabecera será igual a:

$$H = 40 + 18 + 4 = 62 \text{ Bytes}$$

Una vez determinados todos los parámetros que intervienen en el cálculo del ancho de banda, se procede a los cálculos para los límites en la calidad de voz con  $N = 4$  y  $N=1$ .

$$BW_{N=4} = \frac{(62 + 4 \cdot 10)}{4 \cdot 15} \cdot 8 = 13.6 \text{ Kbps} \quad BW_{N=1} = \frac{(62 + 1 \cdot 10)}{1 \cdot 15} \cdot 8 = 38.4 \text{ Kbps}$$

Para nuestro diseño se ha optado por el ancho de banda con  $N=1$ , que denota una mayor utilización de ancho de banda, pero tiene la opción de aumentar hasta 4 el tamaño de las tramas por paquete, manteniendo la calidad de voz requeridas en VoIP.

Este es el ancho de banda ocupado por cada canal, pero como se determinó en el cálculo de Erlang B son necesarios 5 canales para soportar el tráfico externo de telefonía, por lo que el ancho de banda total para VoIP es:

$$BW_{VoIP} = 38,4 \times 5 = 192 \text{ Kbps}$$

### 3.2.2. Análisis de Tráfico de Datos

El análisis de tráfico de datos permite determinar los requerimientos de red, con el fin de seleccionar la categoría del cable a utilizar, así como las características de los equipos de comunicaciones. Para ello se realiza un análisis de las aplicaciones de red que maneja la empresa, estimando los valores de tráfico de datos en una hora pico.

#### 3.2.2.1 Servicios de Impresión

Para calcular la capacidad que ocupa el servicio de impresión se estima que se imprimirán 50 páginas, y el tamaño aproximado de cada página es de 20 KBytes.

$$T_{\text{impresion}} = \frac{20 \text{ KBytes}}{1 \text{ página}} \left( \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \right) \times \frac{50 \text{ páginas}}{1 \text{ hora}} \left( \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right) = 2.22 \text{ Kbps}$$

#### 3.2.2.2 Transferencia de Archivos

Los archivos que generalmente envían y reciben los usuarios de la empresa son documentos de texto con un tamaño aproximado de 2 MBytes, con máximo de 10 archivos transferidos en una hora pico:

$$T_{\text{transferencia}} = \frac{2 \text{ MBytes}}{1 \text{ archivo}} \left( \frac{1024 \text{ KBytes}}{1 \text{ MByte}} \right) \left( \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \right) \times \frac{10 \text{ archivos}}{1 \text{ hora}} \left( \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right) = 45.51 \text{ Kbps}$$

#### 3.2.2.3 Acceso a Internet

Para el acceso a Internet se ha considerado los siguientes aspectos:

- Acceso a páginas WEB
- Descarga de archivos
- Correo Electrónico

En el acceso web se estima que cada usuario ingresa a 20 páginas WEB en una hora, el tamaño promedio aproximado de una página WEB que contiene texto y aplicaciones multimedia es de 200 KBytes. Considerado estos parámetros el tráfico estimado para acceso a páginas WEB será de:

$$T_{\text{acceso WEB}} = \frac{200 \text{ KBytes}}{1 \text{ página WEB}} \left( \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \right) \times \frac{20 \text{ archivos} \times 8 \text{ usuarios}}{1 \text{ hora}} \left( \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right) = 71.11 \text{ Kbps}$$

Para la descarga de archivos de Internet se ha considerado la descarga de libros o catálogos, siendo éstos los más habituales por parte de los usuarios de una empresa. El tamaño promedio de un libro o catalogo se estima que es de 10 MBytes y el tiempo estimado de descarga del mismo es de 20 minutos.

$$T_{\text{descarga}} = \frac{10 \text{ MBytes}}{1 \text{ archivo}} \left( \frac{1024 \text{ KBytes}}{1 \text{ MByte}} \right) \left( \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \right) \times \frac{1 \text{ archivos}}{20 \text{ minutos}} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ seg}} \right) = 68.26 \text{ Kbps}$$

Para archivos de correo electrónico se estima un tamaño promedio aproximado de 20 KBytes y una transferencia de 20 archivos en el lapso de una hora. Considerando los aspectos anteriormente expuestos tenemos.

$$T_{\text{email}} = \frac{20 \text{ KBytes}}{1 \text{ email}} \left( \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \right) \times \frac{20 \text{ emails}}{1 \text{ hora}} \left( \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right) = 0.88 \text{ Kbps}$$

### 3.2.3. Tráfico Total de la Red

El tráfico total requerido será la suma del tráfico de datos más el ancho de banda requerido para VoIP, anteriormente calculado.

$$T_{\text{TOTAL}} = T_{\text{DATOS}} + W_{\text{VoIP}}$$

$$T_{\text{TOTAL}} = (T_{\text{impresion}} + T_{\text{transferencia}} + T_{\text{WEB}} + T_{\text{descarga}} + T_{\text{email}}) + W_{\text{VoIP}}$$

$$T_{\text{TOTAL}} = (22,22 + 45,51 + 71,11 + 68,26 + 0,88) + 192$$

$$T_{\text{TOTAL}} = 399.98 \text{ Kbps}$$

### 3.2.4. Topología de la Red

La topología de red seleccionada es la tipo estrella, debido a las ventajas que puede presentar como: confiabilidad, escalabilidad, facilidad de diseño e instalación y de fácil administración. La topología de la empresa se describe en la siguiente figura.

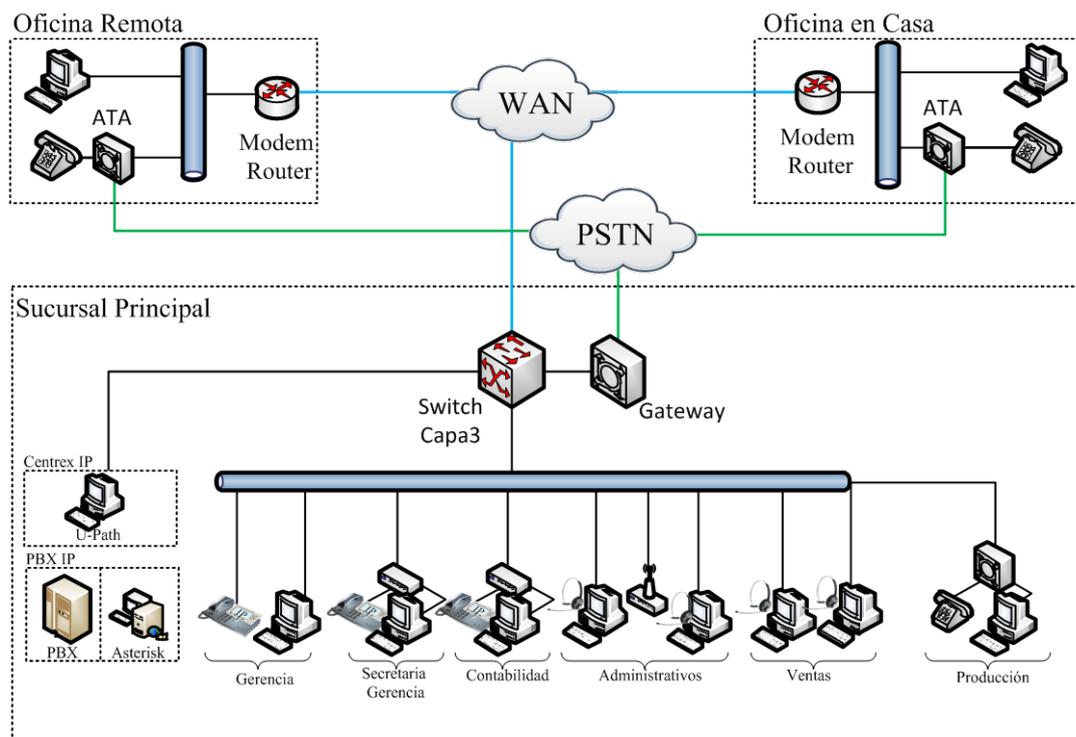


Figura 3. 10. Topología de red de la empresa

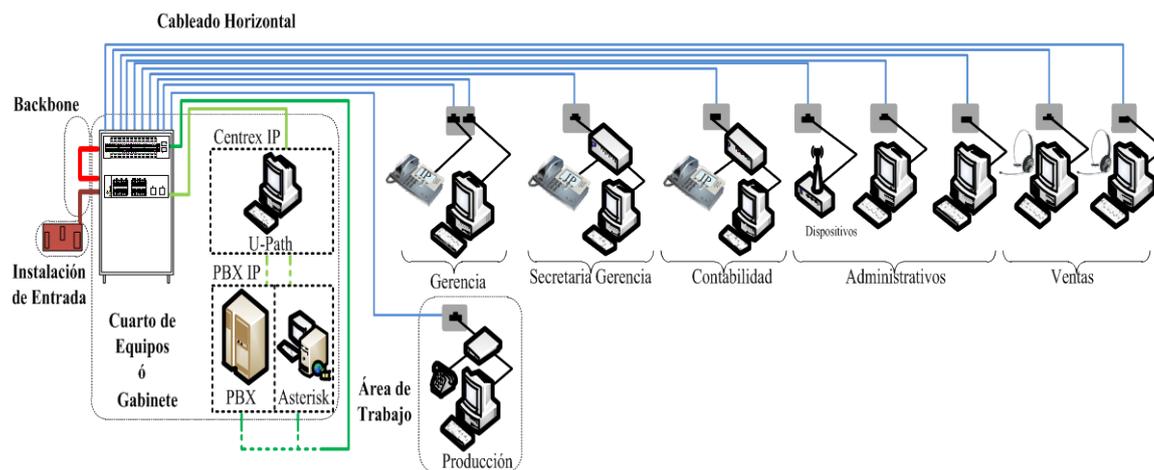
#### 3.2.4.1 Sistema de Cableado Estructurado

Los sistemas de telefonía con funcionalidad VoIP satisfacen las necesidades actuales y cooperan al crecimiento futuro de la empresa, por esa razón se debe considerar la importancia del diseño de una red de telecomunicaciones. Para ello el cableado estructurado establece normas técnicas que fijan parámetros de transmisión que deben cumplir las redes, al mismo momento regulan y apoyan la instalación requerida.

Existen diferentes normativas para la realización del cableado estructurado, las normas más importantes son: ANSI-TIA-EIA-568 (norma americana), EN 50173-1 (norma europea) y la ISO / IEC 11801 (norma internacional). Para el desarrollo del cableado estructurado nuestro estudio se remite a la norma ANSI-TIA-EIA-568-A, que especifica los requisitos mínimos para el cableado de telecomunicaciones dentro de edificios comerciales, incluyendo salidas y conectores, así como edificios y conjuntos arquitectónicos. El cual considera seis subsistemas funcionales.

- Instalación de entrada o acometida.
- Cuarto, local, o sala de máquinas o equipos
- El eje de cableado central
- Gabinete de telecomunicaciones
- El cableado horizontal
- El área de trabajo

En el diseño de la sucursal principal se puede evidenciar la distribución del cableado estructurado, descrita en la siguiente figura.



**Figura 3. 11.** *Cableado Estructurado*

### 3.2.5. Elección de Equipos

En la actualidad las empresas más reconocidas que ofrecen soluciones para tecnología VoIP, son: Cisco, Alcatel, Avaya, Mitel, etc. Estas poseen estándares y protocolos propietarios, que se convierten en soluciones poco amigables con otros fabricantes. También existen diferentes alternativas bajo protocolos y estándares abiertos, compatibles con diferentes fabricantes como: Huawei, D Link, HP-3Com, WellTech, entre otras. Los equipos seleccionados para brindar la solución VoIP son en su mayoría de la marca Welltech, debido a sus costos y poseen la capacidad de funcionar bajo el esquema Peer to Peer (Punto a Punto), Gatekeeper o Call Manager. También se ha optado por las marcas D-Link y Grandstream que son marcas accesibles en el mercado.

#### 3.2.5.1 Switch

El switch o conmutador, es el dispositivo que permite interconectar redes de datos, operando en la segunda y tercera capa del modelo OSI. Un switch interconecta dos o más partes de una red, funcionando como un puente que transmite datos de un segmento a otro.



Figura 3. 12. Switch D-Link DES 3828

Fuente: <http://unetafrica.com/products/DES-3828-24%7B47%7D48-Port-Layer-3-Switch-Series.html>

El Switch D-Link DES 3828 soporta funciones de capa 3 avanzadas, posee 24 puertos Fast Ethernet 10/100Mbps y 2 puertos Gigabit Ethernet SFP/1000BASE-T. Además, 2 puertos 1000BASE-T para conexión con la red troncal. Incluye soporte para Q-in-Q doble etiquetado VLAN, compatible con Ipv6, Dynamic Routing Layer 3, IEEE 802.1s control de ancho de banda, entre otras.

### 3.2.5.2 Gateway de Voz

El Gateway de VoIP es un dispositivo que convierte el tráfico de telefonía en tráfico IP para luego ser transmitido por una red de datos. Se usan de dos formas; para convertir líneas telefónicas PSTN entrantes en VoIP y para conectar una PBX tradicional o sistema telefónico con la red IP.

Disponen de diferentes conectores.

- FXO: Provee conectividad con la Red de Telefonía Pública Conmutada.
- FXS: Provee conectividad con los dispositivos terminales del abonado.
- E&M: Provee conectividad entre centrales telefónicas.



**Figura 3. 13.** Gateway WellGate 2644

Fuente: [http://www.teleservgroup.com/productos/product.php?id\\_product=98](http://www.teleservgroup.com/productos/product.php?id_product=98)

El Wellgate 2644 es un Gateway VoIp de 4 puertos FXS y 4 puertos FXO. Incluye soporte SIPv2 (RFC 3661), Posee 1-WAN/4-LAN 10/100 base-T NAT para el direccionamiento de la red. Compatible con las principales fabricantes de IP-PBX.

A continuación una tabla con algunos de los Gateways de la marca Welltech.

MARCA	MODELO	PROTOCOLO	TCP/IP	WAN	L A N	FXS	FXO	PRECIO (USD)
Welltech	WellGate 2608	SIP	IPv4	1	4	8	0	462
Welltech	WellGate 2680	SIP	IPv4	1	4	0	8	462
Welltech	WellGate 2644	SIP	IPv4	1	4	4	4	422
Welltech	WellGate 2504	SIP	IPv6	1	1	4	0	211,2
Welltech	WellGate 2540	SIP	IPv6/IPv4	1	1	0	4	237,6
Welltech	WellGate 3504 <sup>a</sup>	SIP	IPv4	1	1	4	0	158,4
Welltech	WellGate 3502 <sup>a</sup>	SIP	IPv4	1	1	2	0	277,2
Welltech	WellGate 3512	SIP	IPv4	1	4	2	1	153

**Tabla 3. 2.** Gateways marca WellTech

### 3.2.5.3 ATA (Adaptador Telefónico Analógico)

Los ATA son pequeños dispositivos que permiten conectar un teléfono analógico o RDSI a una red de VoIP. Poseen un sistema de administración y gestión similar a los teléfonos IP por lo que disponen también de dirección IP, y las mismas ventajas que cualquier terminal IP.



**Figura 3. 14.** ATA Grandstream HT503

Fuentes: <http://www.mehrdust.com/archives/grandstream-ht-503>

El Handy Tone 503 de la marca Grandstream, cuenta con 1 puerto de teléfono FXS, 1 puerto FXO para línea PSTN, además de dos puertos de red 10M/100Mbps, se basa en el protocolo SIP, soporte para códec: G.711 a/u law, G.729 a/b, G.723, G.726.

### 3.2.5.4 Teléfonos IP

El teléfono IP o terminal IP es el principal dispositivo utilizado en VoIP, el cual permite realizar la comunicación utilizando una red IP ya sea mediante red LAN o a través de Internet. El teléfono IP convierte y comprime la señal de la voz en paquetes de datos que son enviados en la red IP, en lugar de utilizar una conexión de red telefónica.



**Figura 3. 15.** Teléfono IP Welltech LP389

[http://www.cordless4u.com/welltech/product\\_e\\_0t.htm](http://www.cordless4u.com/welltech/product_e_0t.htm)

El LP389 es un teléfono IP de la marca WellTech, con característica SIP el cual puede trabajar en IPv6 e IPv4, soporta hasta 3 registros de cuentas y cada cuenta puede ser configurada para el acceso IPv4 o IPv6. Este es compatible con proveedores de servicios VoIP, IP Centrex y servicios de IP-PBX dentro de las oficinas y sucursales remotas.

A continuación una tabla con algunos de los Teléfonos IP de la marca Welltech.

Marca	Modelo	Protocolo	Puertos de Red	TCP/IP	Display	Precio(USD)
Welltech	LP388	SIP	LAN/WAN	IPv4	Si	112.2
Welltech	LP801	SIP	PC/LAN	IPv4	Si	151.8

**Tabla 3. 3.** *Teléfonos IP marca WellTech*

### 3.2.5.5 Softphones

Son terminales que no poseen forma física, ya que están realizados en software; para que funcionen deben ser instalados en un dispositivo personal, sea este laptop, PDA, PC de escritorio, etc. Permitiendo establecer llamadas en VoIP. Existen dos tipos de Softphones, propietarios y libres, la diferencia entre estos son que los propietarios poseen protocolos cerrados pertenecientes a cada marca, entre los softphones propietarios más conocidos están Skype, Counterpath, X-Pro, mientras que los softphones libres están Twinkle, Firefly, etc.

### 3.2.5.6 Cableado

En base del cálculo de tráfico total generado se puede seleccionar el medio físico y equipos que brinden un óptimo funcionamiento, donde se ha optado por utilizar un switch Fast Ethernet 10/100 Mbps y como medio físico se seguirá la recomendación EIA/TIA-568 que establece como medio físico al cable UTP cat6, que posee un ancho de banda de 250 MHz.

### 3.2.6. Estructura Centrex IP

Centrex IP puede ser proporcionada por dos subsistemas; mediante IMS o Softswitch, siendo la solución Centrex IP de U-SYS de Huawei Technologies la acogida para el análisis del presente diseño. La solución provista por la empresa Huawei certifica la consola U-Path como componente importante para potenciar los servicios de Centrex IP bajo el control del softswitch SoftX3000. La estructura de red del U-Path consta de tres equipos esenciales como son: el softswitch, el SBC y la consola de U-Path, como se muestra en la siguiente figura.

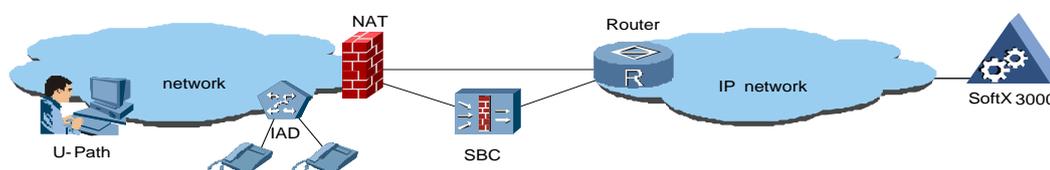


Figura 3. 16. Estructura U-Path

El U-Path es un terminal que coopera en la administración y configuración del servicio Centrex IP provista por el softswitch, siendo éste un software que se ejecuta en el lenguaje nativo de Windows XP. La conectividad del U-Path con la red IP puede ser provista mediante los modos IP o ISDN. Las características requeridas para la instalación del U-Path vienen dadas en la siguiente tabla.

Requerimiento		Característica
CPU		Intel Pentium III 866-MHz
Disco Duro		20-GB
Memoria RAM		256-MB
Monitor		15''
Adaptador de Video		SI
Adaptador de Audio		SI
CD-ROM		SI
Conector acorde al modo de acceso	IP	Adaptador de red 10M/100M
	ISDN	Tarjeta C802CTX ó C803CTX

Tabla 3. 4. Requerimientos U-Path

### 3.2.6.1 Configuración de la Consola U-Path

La configuración de la consola U-Path se realiza mediante una interfaz gráfica, la cual posee diferentes ventanas, en la ventana principal denominada *Consola IP* los parámetros de configuración están subdivididos en: *Parámetros del Terminal*; *Parámetros de Dual Homing*; *Parámetros de Red*; *Parámetros de STUN*<sup>6</sup>; como se muestra en la figura.

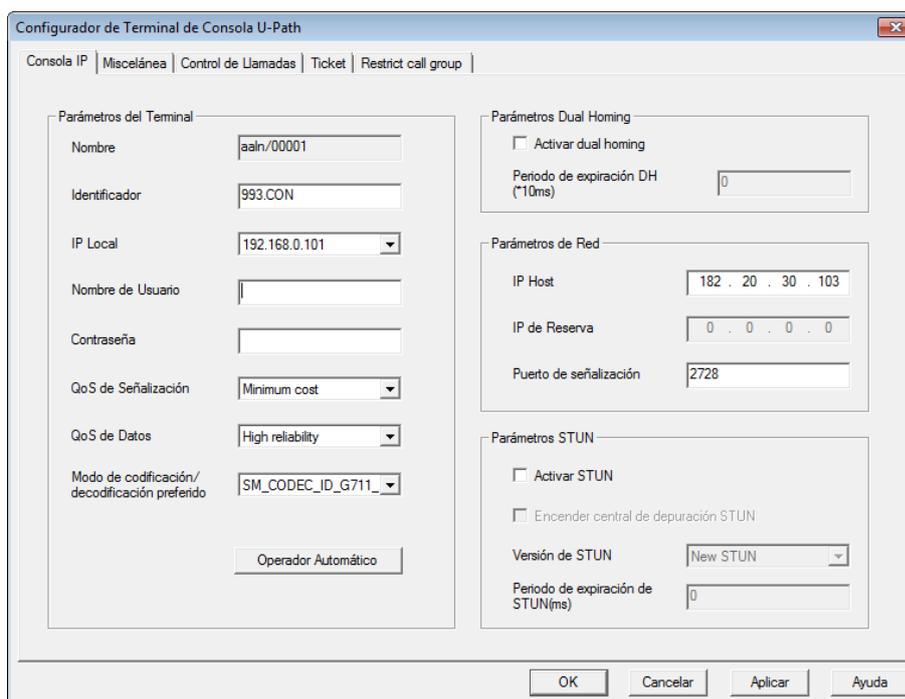


Figura 3. 17. Ventana Consola IP

En la ventana principal se establece la especificación de la consola IP con la opción *Identificador*, así como los parámetros necesarios para establecer la comunicación con el softswitch como son: *IP local*, *Nombre de Usuario* y *Contraseña*, siendo parámetros que deben ser configurados en el softswitch y SBC.

Los parámetros de configuración que definen la calidad de servicio de señalización y datos, se detalla a continuación:

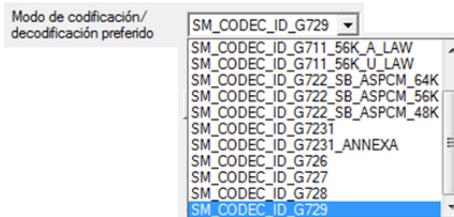
---

<sup>6</sup> STUN (Simple Transversal of UDP over NATs) es un protocolo de red del tipo cliente/servidor que permite a clientes NATs encontrar su dirección IP pública.



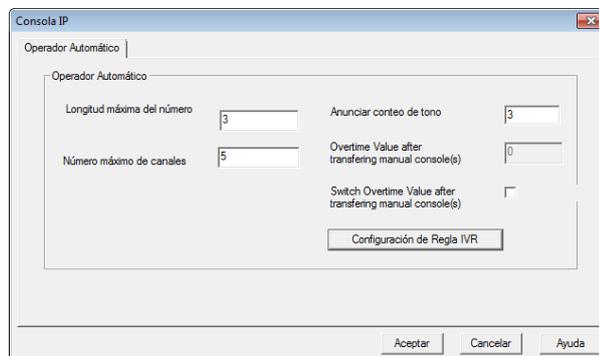
**Figura 3. 18.** QoS de Señalización y QoS de Datos

La selección del códec se la realiza en la opción: *Modo de codificación-decodificación preferido* teniendo las siguientes alternativas:



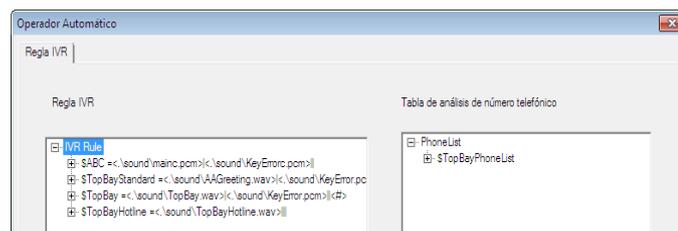
**Figura 3. 19.** Modo de codificación

También se puede configurar un operador automático (IVR<sup>7</sup>), donde los parámetros a considerar son: la longitud máxima del número, número máximo de canales, conteo de tonos, etc. Como se describe en la siguiente figura.



**Figura 3. 20.** Configuración de IVR

La asignación de reglas del operador automático se muestra en modo de árbol, donde cada rama denota una acción y su nombre. Como se detalla en la figura:



**Figura 3. 21.** Asignación de reglas de IVR

<sup>7</sup> El IVR (Interactive Voice Response) es un sistema automatizado de respuesta interactiva, orientado a entregar y/o capturar información a través del teléfono, permitiendo el acceso a servicios de información u otras operaciones. Su función principal es reducir el tiempo de la llamada y evitar hacer transferencias entre agentes.

En la ventana de *Miscelanea* se configuran los parametros de *Consulta de Estado de Abonados*, que hace referencia al tiempo de demora y actualizacion de usuarios Centrex, asi como el lenguaje de la consola, el despertador y parametros de comunicaci3n serial, etc.

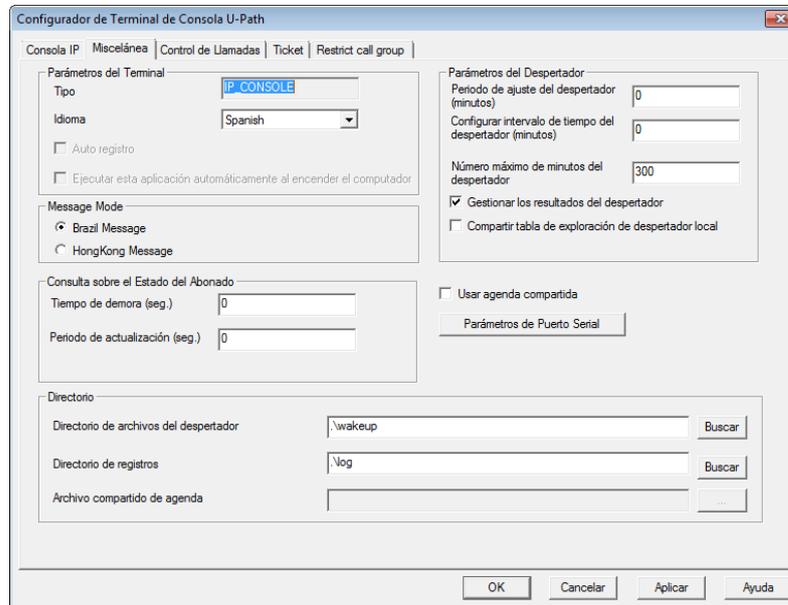


Figura 3. 22. Ventana Miscelánea

En la ventana de *Control de llamadas* se configura el número de servicio nocturno, número de reserva, configuraci3n de cola de llamadas, control de audio, selecci3n de timbre, selecci3n del directorio del registro de llamadas, etc.

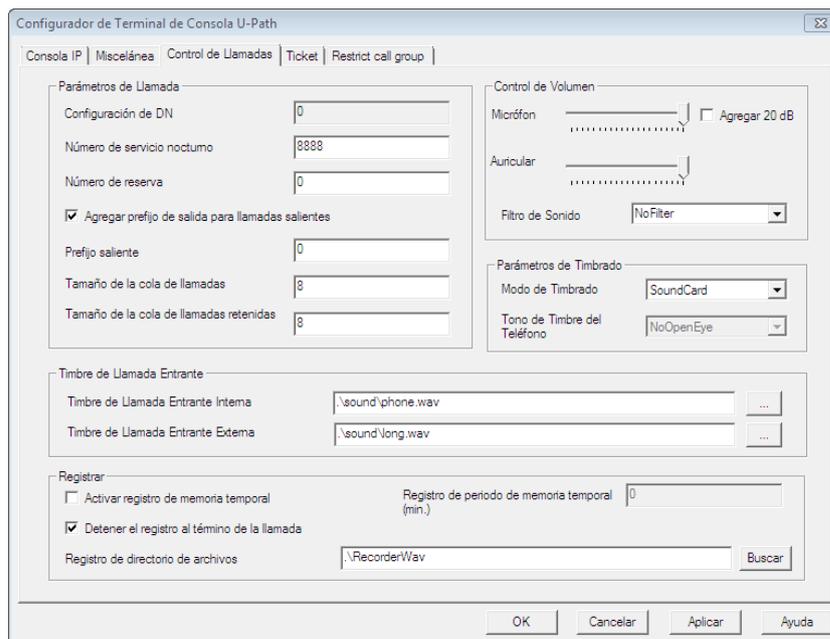


Figura 3. 23. Control de llamadas



El U-Path puede acceder a la red IP mediante una dirección IP pública o privada, en el caso que acceda mediante una red pública, es necesario configurar los datos respecto al softswitch. Si accede mediante una red privada, es necesario configurar los datos respecto al softswitch, SBC, y el dispositivo NAT.

### 3.2.6.2 Configuración de Softswitch

La configuración de softswitch se la realiza mediante líneas de comandos, en el cual se establece la creación de grupos Centrex, agregar prefijos a grupo Centrex, configurar la dirección IP externa que comunica el softswitch con el U-Path, etc. Para la configuración del softswitch SoftX3000 el procedimiento de configuración se la describe en el siguiente diagrama de flujo.

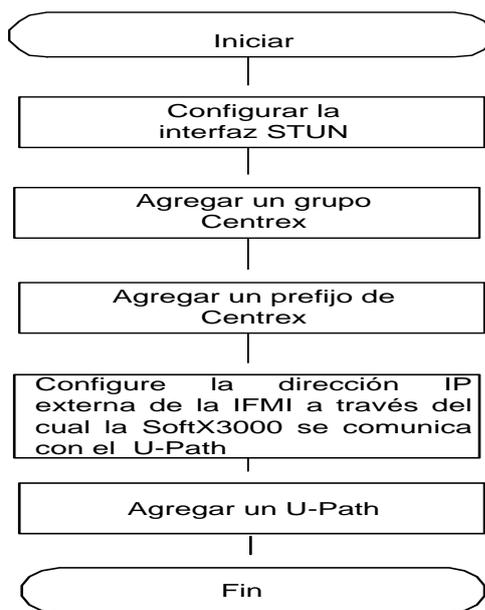


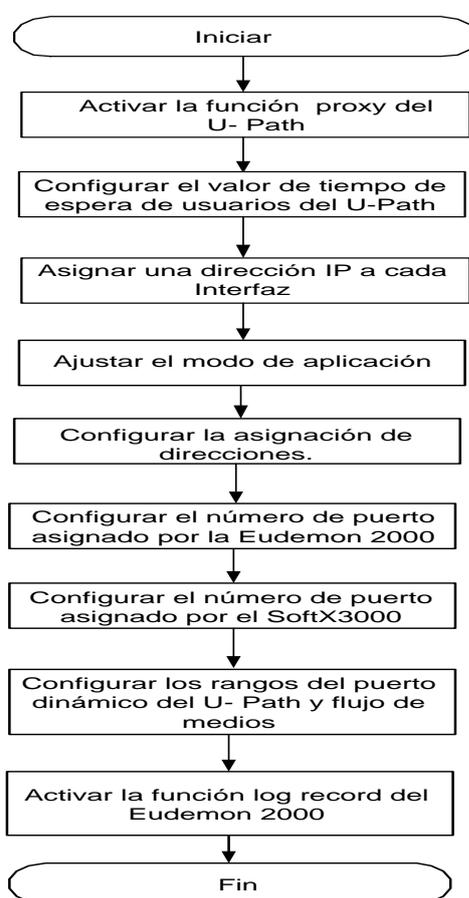
Figura 3. 26. Configuración de Softswitch SoftX3000

### 3.2.6.3 Configuración del SBC

El SBC (Session Border Controller) o Controlador de Frontera de Sesiones es un dispositivo que se instala en la frontera de una red IP. Su función principal consiste en proporcionar servicios SIP a través de NAT y Firewalls que tenga la red o el usuario. A razón de proteger a los principales elementos de la red de ataques

externos. La configuración de estos dispositivos conlleva un amplio conocimiento en seguridad de redes.

A manera general los parámetros más relevantes para la configuración del SBC en Centrex IP son: configuración del proxy, asignación de direcciones para cada aplicación, asignación de tiempos de espera, configuración puertos del softswitch, SBC y rango de puertos dinámicos, etc. De igual manera el procedimiento de configuración del SBC Eudemon 2000 de la empresa Huawei se explica en el siguiente diagrama de flujo.



**Figura 3. 27.** Configuración del SBC Eudemon2000

La configuración de estos dispositivos depende del modelo y marca de los equipos instalados, siendo estas realizadas por personal inherente a la empresa de telecomunicaciones, debidamente capacitados por la empresa proveedora del servicio, en este caso Huawei Technologies.

### **3.2.7. Estructura PBX IP**

La solución PBX se originó como una aplicación de equipos enfocados a cumplir tareas de una central telefónica, reduciendo significativamente los costos de tarificación telefónica en una organización, la aparición de tecnología IP logró diversificar las aplicaciones de la central telefónica, haciéndolas una herramienta que potencializa la eficiencia de una empresa. Existen dos formas de implementar una PBX IP en una empresa: mediante Software y mediante Hardware.

#### **3.2.7.1 PBX IP basada en Software**

Para la implementación de un sistema de telefonía IP basada en software existen varias opciones, siendo las que están distribuidas sobre plataformas libres las más acogidas, primordialmente por factores económicos y diversidad de aplicaciones. Asterisk es el software más usado referente a aplicaciones de VoIP. Sin embargo, también existen software propietarios privativos como 3CX diseñado por Microsoft, que brindan similares prestaciones.

Asterisk es un software libre, bajo licenciamiento GPL que funciona sobre el sistema operativo Linux, posee capacidades de una PBX tales como: recepción de llamadas, correo de voz, asistente automático, registro de llamadas, llamadas en espera, conferencias, estrategias de marcado, entre otras. Los protocolos soportados por Asterisk son ADSI, IAX, SIP, H.323, MGCP y SCCP/Skinny.

##### **3.2.7.1.1 Requerimientos Asterisk**

Las características del hardware necesarias para Asterisk acorde al número de canales requeridos se muestran en la siguiente tabla.

Tipo de sistema	Número de canales	Hardware mínimo recomendado
Sistema de hobby	1- 5	400+-MHz x86, 256 MB RAM
Sistema SOHO <sup>8</sup>	5 -10	1-GHz x86, 512 MB RAM
Sistema de pequeña empresa	10- 15	3-GHz x86, 1 GB RAM
Sistemas medianos o grandes	<15	Dual CPUs, si es posible utilizar múltiple servidores en una arquitectura distribuida.

**Tabla 3. 5.** *Hardware Asterisk*

Fuente: *Asterisk: The future of Telephony*

Además se necesita considerar la instalación de una Tarjeta PCI que mejora el desempeño y escalabilidad a través de la arquitectura de buses, aumentando la velocidad de entrada y salida, permitiendo la reducción de la carga sobre el CPU y el dimensionamiento del hardware. La tarjeta analizada para el estudio será de la marca OpenVox modelo A1200P que es una tarjeta que se utiliza para la conexión de teléfonos analógicos y líneas POTS. Es compatible con las combinaciones de FXS y FXO con un total de 12 líneas.



**Figura 3. 28.** *Tarjeta OpenVox PCI-12 ports FXO*

Fuente [http://www.teletienda.com/product.php?id\\_product=55](http://www.teletienda.com/product.php?id_product=55)

### 3.2.7.1.2 Configuración de Asterisk

La configuración de Asterisk puede ser realizada mediante Línea de Comandos y mediante un interfaz web.

<sup>8</sup> SOHO (Small Office-Home Office). Término usado para denominar a los aparatos destinados a un uso profesional o semiprofesional, que a diferencia de otros modelos, no están pensados para asumir un gran volumen de trabajo.

La configuración mediante líneas de comando se la realiza editando directamente ficheros con extensión .CONF, ésta es la forma más recomendada, pues permite mayor control del sistema, aunque por otro lado es menos intuitiva y requiere mayor conocimiento de las opciones de los mismos. Los ficheros se encuentran en el directorio /etc/Asterisk. Los principales ficheros de configuración son:

Comandos	Descripción
INDICATIONS.CONF	Define los tonos para las diferentes zonas geográficas mundiales
EXTENSIONS.CONF	Contiene el dialplan, que es el que gestiona las llamadas entrantes y salientes
AGENTS.CONF	Se usa para crear agentes que son usuarios con los que hablan las llamadas entrantes de las colas.
QUEUES.CONF	Se usa para crear las colas.
SIP.CONF	Sirve para configurar lo relacionado con el protocolo SIP y añadir nuevos usuarios o conectar con proveedores SIP
SIP_ADDITIONAL.CONF	Es una extensión del SIP.CONF y contiene los usuarios o extensiones asociadas.
VOICEMAIL.CONF	Configura el buzón de voz
ASTERISK.CONF	Es el fichero de configuración con varios componentes de Asterisk como: ficheros log., scripts, etc

**Tabla 3. 6.** Ficheros de configuración de Asterisk

La configuración mediante interfaz web facilita la configuración de Asterisk ya que la configuración en líneas de comandos se hace difícil para una persona que posea limitados conocimientos de Linux. Las distribuciones Asterisk más reconocidas son:

Distribución	Descripción
 <b>elastix</b> FREEDOM TO COMMUNICATE	Basado en CentOS, implementa su funcionalidad sobre cuatro softwares como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, fax, mensajería instantánea y correo electrónico respectivamente.
 <b>AsteriskNOW</b>	Basada en rPath Linux, incluye Asterisk-GUI. Es una distribución ligera que se incluye para un software limitado.
 <b>trixbox</b> The Open Platform for Business Telephony	Basado en CentOS Linux, incluye FreePBX entorno gráfico. Es una PBX con servicio para VoIP. Posee dos tipos de versiones: I. TrixBos CE (Community Edition). II. II. TrixBos Pro (comercial de paga).
 <b>FreeSWITCH</b>	FreeSWITCH soporta una variedad de plataformas como: AuroraUX (LLVM+Clang/gmake), Sun Solaris 10 UNIX (Sun Studio), FreeBSD (gmake), Mac OS X (gmake), RHEL/CentOS Linux, Debian/Ubuntu GNU/Linux, Windows (Nativo)
 <b>FreePBX</b> let freedom ring™	Es el entorno gráfico que facilita la configuración de Asterisk, no a través de la edición de archivos de texto, sino a través de interfaces web amigables.

**Tabla 3. 7.** Distribuciones de Asterisk para PBX

### 3.2.7.2 PBX IP basada en Hardware

Una PBX IP soluciona la operatividad telefónica a más de realizar convergencia de las redes de nuevas generación, acoplando la central existente a las nuevas tecnologías con Gateway de voz sobre IP, permitiendo conectar teléfonos, faxes, conmutadores y adaptadores telefónicos. La solución que será objeto de nuestro análisis es la que brinda la marca WellTech con su central SIP PBX 6200.



Figura 3. 29. Welltech SIP PBX 6200S

El Welltech SIP PBX 6200S es una solución rentable para pequeñas y grandes empresas, soporta 200 abonados con servicios como: central telefónica, correo de voz, conferencia, operadora automática y otras características de VoIP. Beneficios y aplicaciones.

- Soporte SIP/ RTP de cifrado / descifrado para fines de seguridad.
- SIP RFC 3661.
- Codecs de voz G.711, G.729A y de voz GSM.
- Compatibilidad con servidores RADIUS o de la empresa de facturación a través de TCP.

Otras soluciones de la marca Welltech. Se presenta en la siguiente tabla.

Características	Solución1	Solución 2	Solución3	Solución 4
Modelo	IP ePBX100A-128	IP PBX6200S	IP PBX6200GS	IP PBX6200N
Usuarios	20	200	400	1000
Llamadas simultaneas	10	100	200	500
Canales DSP	-	24	48	120
Fax	NO	FAX a PDF	FAX a PDF	FAX a PDF
WAN	1	1	1	1
LAN	1	1	1	1
Sistema operativo	Asterisk v.1.4	Windows XP	Windows XP	Windows XP
Protocolo	SIP	SIP	SIP	SIP
Precio (USD)	547.8	2200	4092	6220

Tabla 3. 8. Centrales PBX IP marca WellTech

### 3.3 Análisis Comparativo de Centrex vs PBX

Para el desarrollo del análisis de nuestro estudio se han optado por soluciones de marcas consolidadas en el mercado, eligiendo para Centrex IP la solución brindada por los equipos de la marca Huawei. Para PBX IP mediante hardware se ha optado la solución brindada por equipos Welltech y PBX IP mediante software por la distribución Elastisk de la plataforma Asterisk. A continuación se muestran las características técnicas de las soluciones acogidas para el análisis del diseño de una central IP.

CARACTERÍSTICAS	CENTREX IP	PBX IP	
	U- Path (U-SYS de Huawei Technologies)	Hardware (Equipos Welltech)	Software (Plataforma Asterisk)
Versión /Modelo/Distribución	V100R002	IP_ePBX100A-128	Elastix 2.2
Usuarios	SI Cumple	SI Cumple	SI Cumple
Sistema Operativo	Windows XP	Windows XP	CentOS/Linux
Protocolos	SIP, H.323, MGCP, SIGTRAN, STUN, etc.	SIP/ RTP	IAX, SIP, H.323, MGCP y SCCP.
Soporte	NO (x el usuario)	SI	SI
Mantenimiento	NO (x el usuario)	SI	SI
Control de Llamadas: Duración, Restricción, y Tarifación	SI	SI	SI
IVR Sistema de respuesta interactiva de Voz	SI	SI	SI
Correo de Voz	SI	NO	SI
Codificación G.729	SI	SI	SI
Interfaz Analógica y Digital	SI (x ATAs)	SI	SI (x Tarjeta)

**Tabla 3. 9.** Tabla comparativa de las características técnicas

En la siguiente tabla comparativa se exponen los costos que se implicarían en cada solución.

COSTOS		CENTREX IP	PBX IP	
		U- Path (U-SYS de Huawei)	Hardware (Equipos Welltech)	Software (Plataforma Asterisk)
Directos	Hardware	NO	SI	SI
	Software Licencias SO	NO	SI	NO
	Servicio de Telefonía /Datos	SI	SI	SI
	Implementación	Diseño	SI	SI
Instalación/ Configuración		NO	SI	SI
Indirectos	Soporte /Capacitación	NO	SI	SI
	Mantenimiento	NO	SI	SI

**Tabla 3. 10.** Tabla comparativa de costos de las soluciones

### 3.4 Estimación de Costos

Los costos para la implementación de un sistema VoIP se considera en base a los componentes principales del diseño, siendo divididos en costos de la red privada, costos de dispositivos VoIP, costos de instalación y costos varios.

#### 3.4.1. Costos de la Red Privada

La red privada soporta el tráfico IP interno, por lo que el costo dependerá directamente de la distribución geográfica de los equipos y puntos de datos integrados en el diseño del cableado estructurado. En la siguiente tabla se detalla los costos referenciales del cableado estructurado.

Elementos de Cableado Estructurado				
Marca	Cant.	Material	Valor Unit.	Valor Total
Panduit	1	Rollo de Cable UTP Cat6 (305m)	185,5	185,5
Dexon	10	Canaleta 20x12	1,57	15,7
Dexon	5	Canaleta 40x25	5,51	27,55
Dexon	12	Uniones 20x12	0,3	3,6
Dexon	4	Uniones 40x25	0,4	1,6
Dexon	8	Codo Interno 20x12	0,3	2,4
Dexon	2	Codo Interno 40x25	0,8	1,6
Dexon	2	Codo Externo 20x12	0,3	0,6
Dexon	1	Te de 40x25	0,8	0,8
Área de Trabajo				
Panduit	8	Face Plate Simples	1,55	12,4
Panduit	1	Face Plate Dobles	1,55	1,55
Panduit	10	Jacks Cat 6	6,56	65,6
Panduit	10	Patch Cords 3m Cat 6	7,3	73
Cuarto de Telecomunicaciones				
Panduit	1	Rack Abierto 24 UR	115	115
Panduit	1	Patch Panel Cat6-24puertos	24,9	24,9
Panduit	2	Organizadores	13,8	27,6
Panduit	1	Paneles de Energía	52,05	52,05
Instalación y Certificación				
	10	Instalación	30	300
	10	Pruebas de certificación	10	100
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.011,45</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>121,37</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>1.132,82</b>

Tabla 3. 11. Costo Cableado Estructurado

#### 3.4.2. Costos de Dispositivos de Telefonía IP

Los costos de los diferentes dispositivos utilizados en el diseño de nuestra red VoIP se detalla en la siguiente tabla.

<b>Equipos de Telefonía IP</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unit.</b>	<b>Valor Total</b>
1	Switch D-Link DES-3526	689,04	689,04
1	Gateway WellGate 2644 (4 LAN-4 FXS-4 FXO)	462,00	462,00
3	Gateway WellGate 2540 (4 LAN-4 FXS )	237,60	712,80
1	Gateway WellGate 3512 Wireless (4 LAN-2 FXS-1 FXO)	153,00	153,00
3	ATA Grandstream HT503	117	351,00
1	Teléfono IP Welltech LP389	138,5	138,50
2	Teléfono IP Welltech LP388	112,2	224,40
4	Softphones (Auriculares, Instalación software)	50	200,00
3	Teléfonos Analógicos	20	60,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.990,74</b>
		<b>IVA 12%</b>	<b>358,89</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>3.249,63</b>

**Tabla 3. 12.** Costos Equipos de Telefonía IP

### 3.4.3. Costos de Instalación

Los costos de Instalación hacen referencia a la inversión implícita que se debe considerar para la implementación de una central privada telefónica sea ésta una solución Centrex IP, Asterisk o mediante un dispositivo PBX IP. Los costos de cada solución se detallan en la siguiente tabla.

<b>Costo de Instalación para el diseño VoIP</b>			
<b>Cant</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unit.</b>	<b>Valor Total</b>
<b>CENTREX IP</b>			
1	Servicio de enlace de datos troncal (700 Kbps, 1:1 )	219,4	219,40
1	Inscripción/Instalación servicio troncal	40	40,00
2	Servicio de enlace de datos residencial ( 1.8 Mbps, 8:1)	19,99	39,98
2	Inscripción/Instalación servicio residencial	40	80,00
17	Tarifa Mensual	1,5	25,50
1	Diseño	300	300,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>704,88</b>
		<b>IVA 12%</b>	<b>84,59</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>789,47</b>
<b>ASTERISK</b>			
1	Servidor de Asterisk (1-GHz x86, 512 MB RAM )	1500	1.500,00
1	Tarjeta OpenVox PCI –12 puertos FXO–S	953,06	953,06
1	Servicio de enlace de datos troncal (700 Kbps, 1:1 )	219,4	219,40
1	Inscripción/Instalación servicio troncal	40	40,00
2	Servicio de enlace de datos residencial ( 1.8 Mbps, 8:1)	19,99	39,98
2	Inscripción/Instalación servicio residencial	40	80,00
1	Instalación y Configuración	1569	1.569,00
1	Diseño	100	100,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>4.501,44</b>
		<b>IVA 12%</b>	<b>540,17</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>5.041,61</b>

CENTRAL PBX IP			
1	Central PBX IP WellTech IP PBX6200S	2200	2.200,00
1	Licencia Software (Sistema Operativo Windows)	100	100,00
1	Servicio de enlace de datos troncal (700 Kbps, 1:1 )	219,4	219,40
1	Inscripción/Instalación servicio troncal	40	40,00
2	Servicio de enlace de datos residencial ( 1.8 Mbps, 8:1)	19,99	39,98
2	Inscripción/Instalación servicio residencial	40	80,00
2	Líneas telefónicas (sucursal)	100	200,00
1	Instalación y Configuración	300	300,00
1	Diseño	200	200,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.379,38</b>
		<b>IVA 12%</b>	<b>405,53</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>3.784,91</b>

**Tabla 3. 13. Costos de Implementación**

### 3.4.4. Costos Varios

Se refiere a los costos adicionales que la empresa debe asumir después de instalar el sistema VoIP, englobando los costos de contratación de servicio de datos, mantenimiento, capacitación, etc. Estas cifras están consideradas en montos mensuales.

Costos Mensuales de las Soluciones para Centrales IP			
Cant	Descripcion	Valor Unit.	Valor Total
<b>CENTREX IP</b>			
1	Servicio de enlace de datos (troncal)	120	120,00
2	Servicio de enlace de datos (residencial)	50	100,00
17	Tarifa Mensual	2,4	40,80
<b>TOTAL</b>			<b>260,80</b>
<b>ASTERISK</b>			
1	Servicio de enlace de datos (troncal)	120	120,00
2	Servicio de enlace de datos (residencial)	50	100,00
1	Capacitación (mínima 1 al año 600 USD x capacitación)	50	50,00
1	Soporte y Mantenimiento (mínima 1 al año 1500 USD )	125	125,00
<b>TOTAL</b>			<b>395,00</b>
<b>CENTRAL PBX IP</b>			
1	Servicio de enlace de datos (troncal)	120	120,00
2	Servicio de enlace de datos (residencial)	50	100,00
2	Tarifa Telefónicas mensual	50	100,00
1	Soporte y Mantenimiento (mínima 1 al año 1500 USD )	125	125,00
<b>TOTAL</b>			<b>445,00</b>

**Tabla 3. 14. Costos Varios**

### 3.4.5. Costos Totales de Implementación

Los costos necesarios para implementar un sistema VoIP mediante de las diferentes alternativas se resumen e la siguiente tabla.

COSTO TOTALES			
COSTOS	CENTREX IP	ASTERIK	PBX IP
Cableado Estructurado	1.132,82	1.132,82	1.132,82
Dispositivo de Telefonía IP	3.349,63	3.349,63	3.349,63
Implementación	789,47	5.041,61	3.784,91
<b>TOTAL</b>	<b>5.271,92</b>	<b>9.524,07</b>	<b>8.267,36</b>

Tabla 3. 15. Costo Total de Implementación

## 3.5 Análisis de Rentabilidad del Proyecto

El análisis de rentabilidad del proyecto denota si el proyecto es rentable o no, para lo cual se procede con dos herramientas de las matemáticas financieras, que permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión , como son el VAN(Valor Actual Neto) y el TIR(Tasa Interna de Retorno).

### 3.5.1. Cálculo del VAN (Valor Actual Neto)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1-r)^n} \quad (3.3)$$

En donde:

- I es la inversión
- Q<sub>n</sub> es el flujo de caja del año n
- r es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar.
- N el número de años de la inversión

Para obtener el flujo de caja anual de Centrex IP, se considera este flujo de caja como el ahorro anual que presenta Centrex IP en comparación de las otras tecnologías VoIP, partiendo del costo mensual de las tecnologías analizadas en la Tabla 3.14.

Costos mensuales de VoIP

Centrex	260,80	USD
Asterisk	395,00	USD
PBX IP	445,00	USD

Promedio de costos de las tecnologías Asterisk y PBX IP son:

$$(395+445)/2= 840/2 = 420 \text{ USD}$$

El ahorro mensual de Centrex en comparación de las otras tecnologías es:

$$(420-260.80) =159.2$$

El ahorro anual viene dado por:

$$159.2*12=1910.4$$

Este valor representa un flujo de caja anual percibida como flujo de inversión de la solución Centrex IP en comparación de las soluciones Asterisk y PBX IP.

De este modo los datos para el cálculo del VAN quedan establecidos de la siguiente manera:

- I = 5.271,92 (Inversión inicial de la solución Centrex IP)
- Qn = 1910,4 (Flujo de caja anual)
- r = 9,7% (Es la tasa interés activa efectiva referencial determinada por el Banco Central del Ecuador)
- N = 5 (Análisis proyectado a 5 años)

Reemplazando los valores tenemos:

$$\text{VAN} = -5.271,92 + \sum_{n=1}^5 \frac{1910.4}{(1 - 0,097)^n}$$

$$\text{VAN} = -5.271,92 + \left(\frac{1910.4}{(1-0.097)^1}\right) + \left(\frac{1910.4}{(1-0.097)^2}\right) + \left(\frac{1910.4}{(1-0.097)^3}\right) + \left(\frac{1910.4}{(1-0.097)^4}\right) + \left(\frac{1910.4}{(1-0.097)^5}\right)$$

$$\text{VAN} = 7.836,25$$

Del cálculo efectuado, se obtiene un VAN superior a cero, lo que implica que el proyecto es rentable.

### 3.5.2. Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno)

La tasa interna de retorno, TIR es una herramienta o medida usada como indicador que cuantifica la eficiencia de una inversión determinada, al contrario del VAN que entrega como resultado una magnitud, el TIR entrega un porcentaje. En otras palabras, el TIR es la tasa compuesta de retorno anual que se puede ganar de una inversión. Por lo mismo, matemáticamente el TIR se calcula partiendo de la ecuación del VAN, haciendo este igual a cero y calculando "r" para este valor.

$$0 = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1-r)^n} \quad (3.4)$$

Los valores se establecen del mismo enfoque del cálculo del VAN siendo la inversión ( $I = 5.271,92$ ), el flujo de caja ( $Q_n = 1910,40$ ) y 5 años para el análisis de la inversión ( $N=5$ ). De modo que la fórmula para el TIR se establece de la ecuación 3.4.

$$0 = -5.271,92 + \sum_{n=1}^5 \frac{1910,4}{(1-r)^n}$$

$$0 = -5.271,92 + \left( \frac{1910,4}{(1-r)^1} \right) + \left( \frac{1910,4}{(1-r)^2} \right) + \left( \frac{1910,4}{(1-r)^3} \right) + \left( \frac{1910,4}{(1-r)^4} \right) + \left( \frac{1910,4}{(1-r)^5} \right)$$

TIR = 24 %

El valor de TIR calculado expresa un promedio del 24% en los rendimientos futuros esperados de la inversión Centrex IP en comparación de las alternativas PBX, convirtiéndolo en un proyecto de inversión rentable.

**CAPÍTULO IV**  
**MODELADO DE CENTREX IP**

## **CAPÍTULO IV. MODELADO DE CENTREX IP**

### **4.1 Introducción**

En este capítulo se detalla un software que muestra el modelado de la plataforma Centrex IP, así como una simulación, la cual permite comprobar el funcionamiento de la red. El modelado de Centrex IP está realizado mediante el software Matlab, que facilita el cálculo inherente al diseño de una red VoIP, a más de presentar ilustraciones del funcionamiento de Centrex IP.

La simulación de la red de telecomunicaciones es desarrollada mediante la aplicación del software OPNET, el cual consta de dos versiones; una gratuita (OPNET IT Gurú) destinada a un entorno educativo y una versión comercial (OPNET MODELER) que puede ser brindada de manera libre para fines académicos pero con funcionalidades limitadas. Con fin de mostrar de manera global el modelado se ha optado por la simulación mediante OPNET IT Gurú, siendo este uno de los simuladores de red más utilizados en aéreas gubernamentales y militares por su interfaz de fácil uso.

### **4.2 Modelado de la Red mediante MatLab**

La ejecución del software comienza con la ventana de inicio que presenta los datos de los autores, teniendo un único botón que ejecuta las cuatro secciones del programa como son:

- Funcionamiento de Centrex IP
- Topología de la red de Centrex IP
- Establecimiento de Llamada de Centrex IP
- Paquetización en VoIP (Calculo de Ancho de Banda VoIP)



Figura 4. 1. Modelado Centrex IP (Inicio)

#### 4.2.1. Funcionamiento de Centrex IP

En la ventana de funcionamiento se muestra la comunicación entre usuarios del mismo grupo Centrex y usuarios fuera del grupo, mostrando los principales equipos que intervienen en la comunicación.

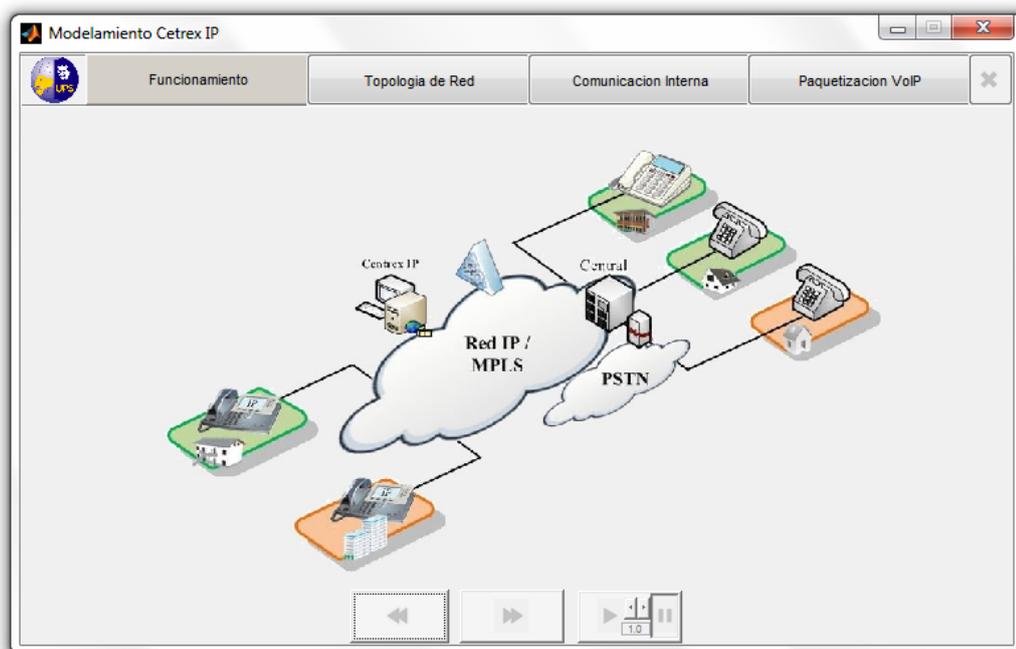


Figura 4. 2. Funcionamiento de Centrex IP

La comunicación entre usuarios de un mismo grupo Centrex se realiza mediante el discado de un prefijo. De este modo la plataforma de red inteligente SoftSwitch, califica la llamada como servicio Centrex IP y establece la misma hacia el destino.

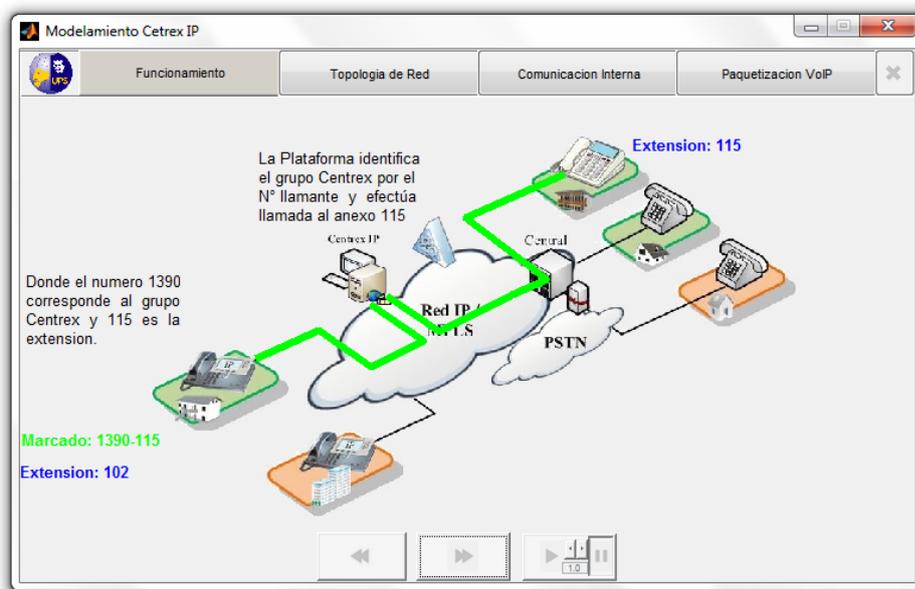


Figura 4.3. Comunicación dentro de un grupo Centrex

Si un usuario disca un número telefónico sin utilizar los prefijos correspondientes, esa llamada se trata como una comunicación estándar y se enruta al destino a través de la interconexión con la red pública PSTN

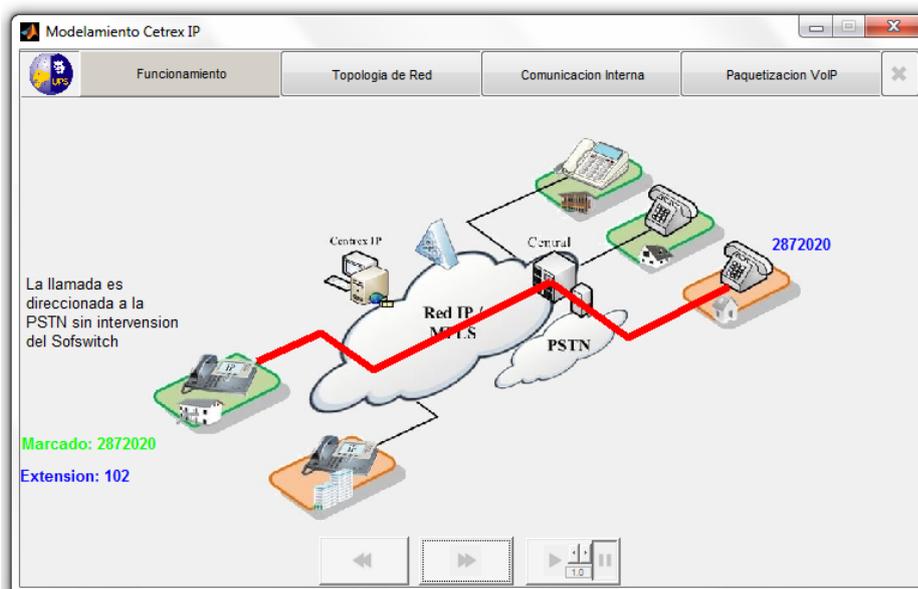


Figura 4.4. Comunicación fuera de un grupo Centrex

#### 4.2.2. Distribución de la Red de Etapa

En esta sección se muestra la topología de la red real de la empresa ETAPA EP, ubicando los nodos de acceso NGN y las centrales de la empresa mediante coordenadas geo-referenciadas sobre un mapa de la ciudad.

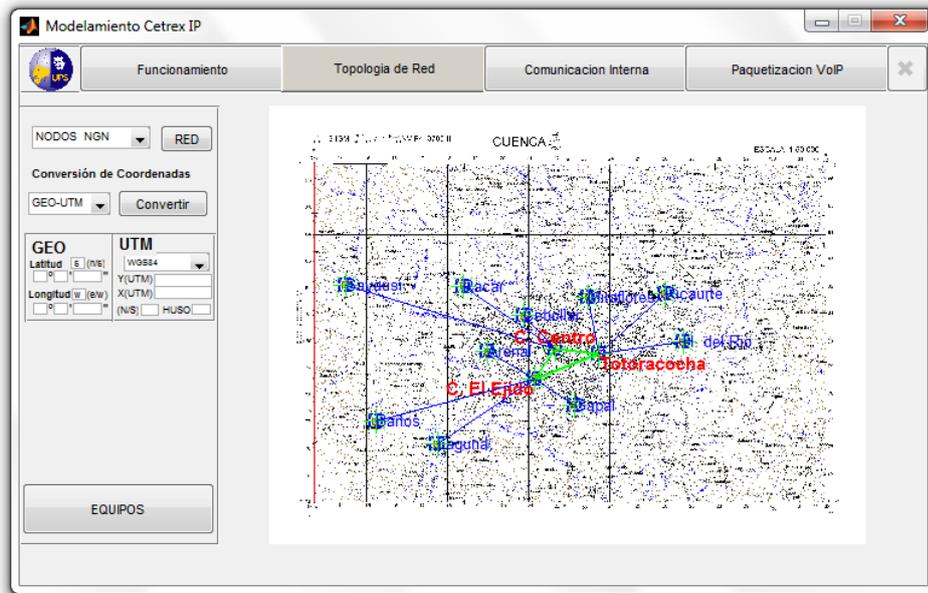


Figura 4. 5. Ubicación de la red real

También se pueden verificar la ubicación de los nodos de manera individual y su ubicación en el mapa en coordenadas Geográficas y UTM.

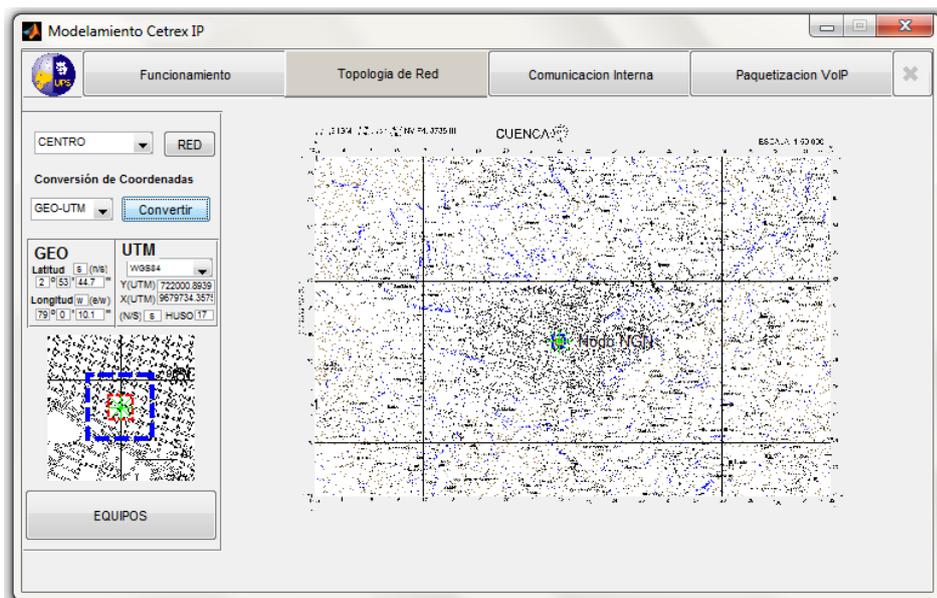


Figura 4. 6. Ubicación nodo NGN

La topología de red establecida para usuarios del servicio Centrex IP, conformada con equipos de la marca Huawei, se ilustra pulsando el botón EQUIPOS.

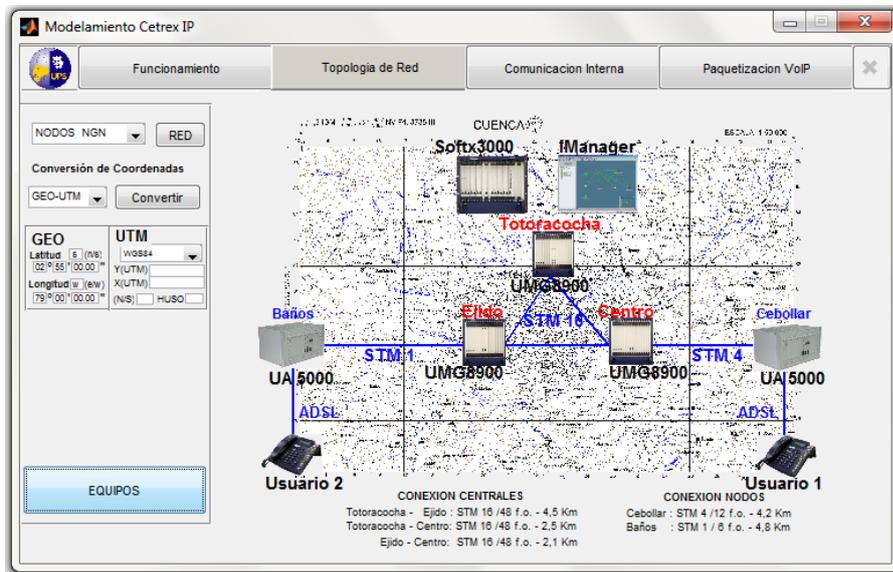


Figura 4. 7. Equipos Huawei

El proceso para la realización de una llamada en un grupo Centrex se establece mediante la intervención de los nodos de acceso, que interactúan con los UMG 9800, que son los encargados de encaminar el tráfico hacia el SoftSwitch, el cual accede a la realización de la llamada hacia el usuario final. El sistema de administración del SoftSwitch SoftX3000 es el iManager.

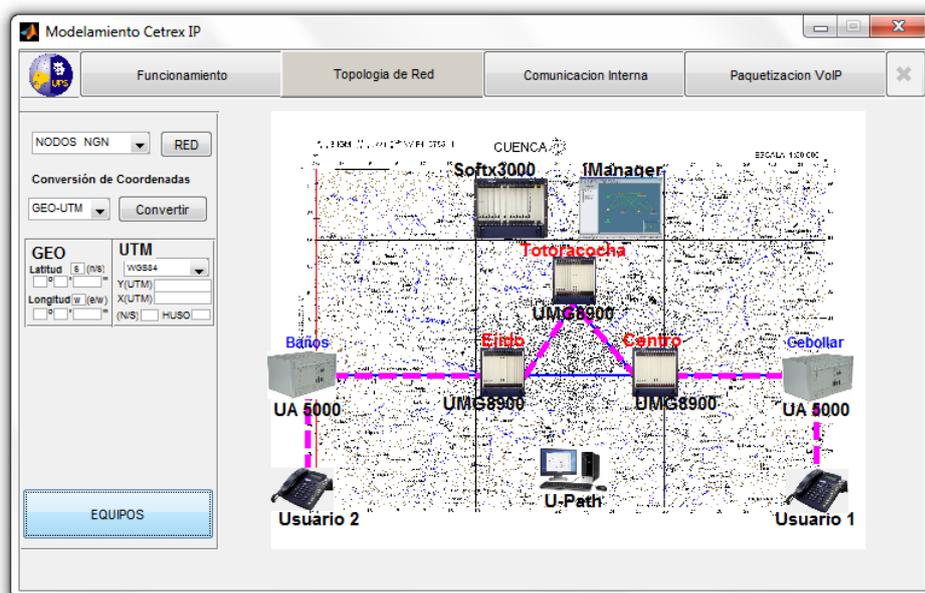


Figura 4. 8. Establecimiento de la comunicación en un grupo Centrex

Centrex IP posee una consola que sirve como gestión para la configuración de los servicios implícitos dentro del paquete de servicios de Centrex IP. Donde la consola U-Path puede ser configurada en cualquier acceso de la red IP mediante una dirección de red privada o una dirección de red pública.

En una red privada la comunicación entre el U-Path y el Softswitch se la realiza mediante la traducción de direcciones (NAT) con la intervención de un firewall (SBC).

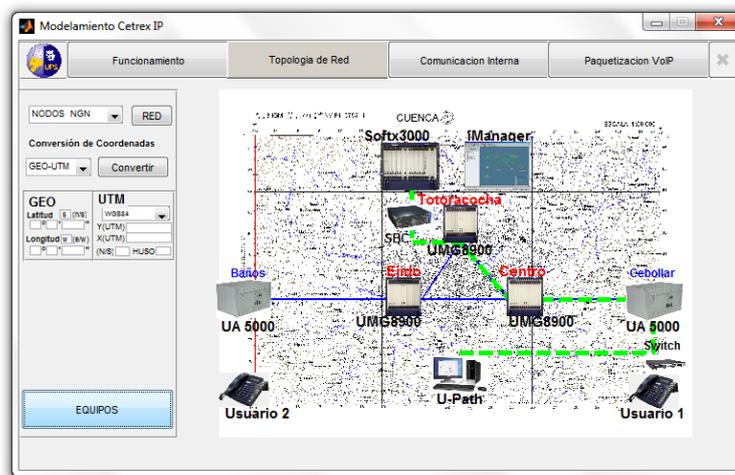


Figura 4. 9. Gestión de Centrex IP mediante la red del Usuario 1

En la configuración de red pública la comunicación entre el U-Path y el SoftSwitch se la realiza sin la necesidad de la intervención del SBC. Estableciendo la comunicación como se detalla en la figura 4.10.

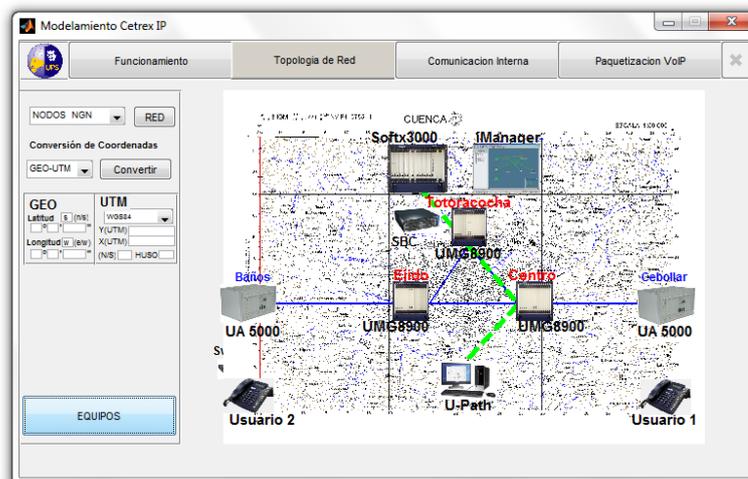


Figura 4. 10. Gestión de Centrex IP mediante una red publica

### 4.2.3. Comunicación Centrex IP

La comunicación interna del flujo de llamada para Centrex IP basado en SoftSwitch se fundamenta en la Recomendación ITU-T Q.3612, Anexo C.

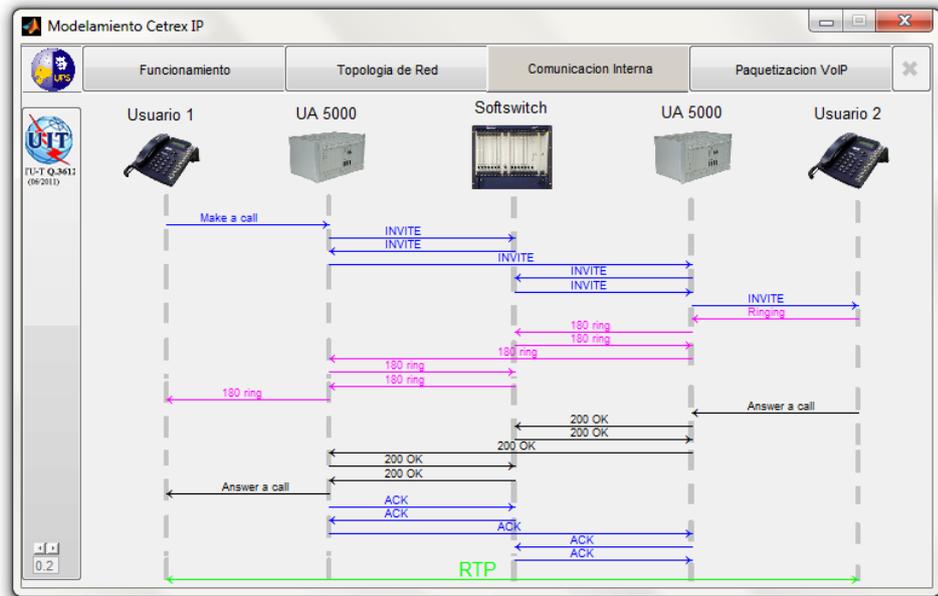


Figura 4. 11. Comunicación interna del flujo de llamadas de Centrex IP

El establecimiento de llamadas en un grupo Centrex IP se realiza mediante mensajes de solicitud del protocolo SIP, donde un mensaje de solicitud tiene la función de petición, conocido como Método; que no es más que un identificador del propósito de la petición.

Los métodos que se establecen para Centrex IP son:

**INVITE:** Este pide establecer una sesión al servidor, siendo esta petición la que usualmente tiene el cuerpo del mensaje, conteniendo la información de los usuarios.

**ACK:** El método ACK es utilizado para confirmar la respuesta final a una petición INVITE. Así, un cliente origina una petición INVITE y se le emite una solicitud ACK cuando esta recibe una respuesta final para el INVITE.

## Mensajes de Respuesta

**180 Ringing:** Esta respuesta indica que la petición INVITE ha sido recibida por el agente de usuario (UA), y que se está produciendo una alerta en el lado del receptor. El cuerpo del mensaje puede transportar información de seguridad o aplicación de calidad de servicio (QoS).

**200 OK:** Esta respuesta tiene dos usos en SIP. El primero para aceptar una invitación de sesión (INVITE), en cuyo caso contendrá un cuerpo de mensaje con las propiedades del medio del UAS (parte llamada). El segundo como respuesta a otras peticiones, indicando que la petición se ha recibido con éxito.

### 4.2.4. Cálculo de VoIP

En esta sección se procede al cálculo de ancho de banda necesario para VoIP, descrito en el capítulo 3.

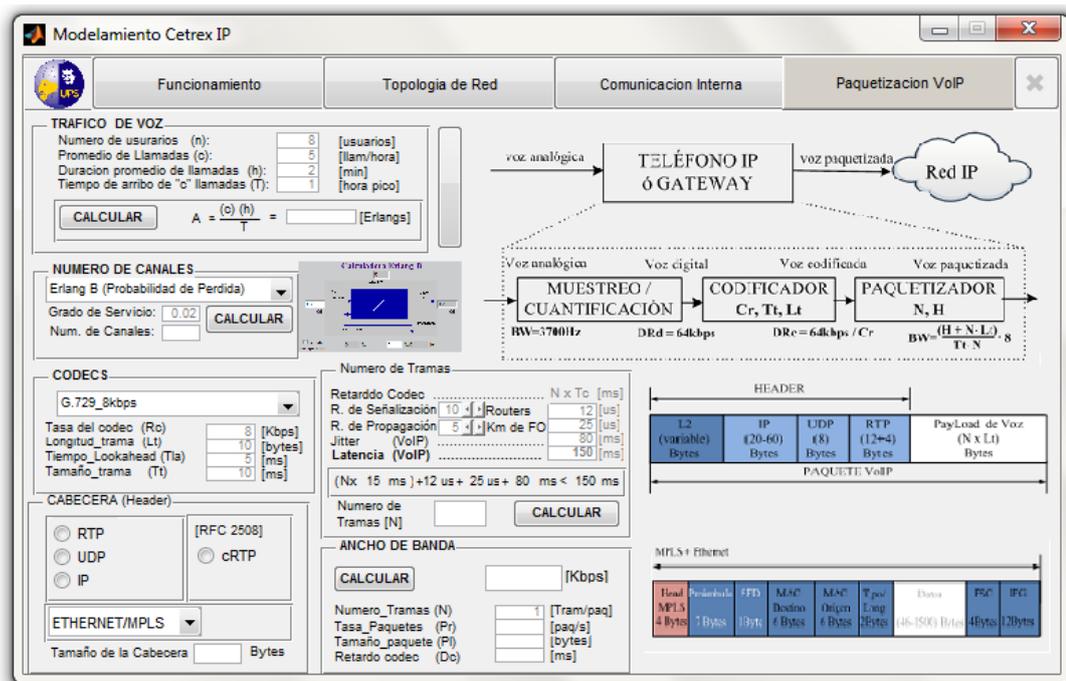


Figura 4. 12. Cálculo de ancho de Banda VoIP y Paquetización VoIP

En primera instancia calculamos la intensidad de tráfico telefónico, con los datos particulares del diseño, como se describe en la figura.

**TRAFICO DE VOZ**

Numero de usuarios : 8 [usuarios]  
 Promedio de Llamadas : 5 [llam/hora]  
 Duracion promedio de llamadas (h): 2 [min]  
 Tiempo de arribo de "c" llamadas (T): 1 [hora pico]

**CALCULAR**      $A = \frac{(c) (h)}{T} = 1.33333$

**Figura 4. 13.** Cálculo de la intensidad de tráfico telefónico

Para la estimación del número de canales, seleccionamos la probabilidad de pérdida (Erlang B) o probabilidad de espera (Erlang C), asignando un 2 % como grado de servicio, valor recomendado para telecomunicaciones.

**NUMERO DE CANALES**

Erlang B (Probabilidad de Perdida) ▼

Grado de Servicio: 0.02 **CALCULAR**

Num. de Canales: 5

**Figura 4. 14.** Cálculo de número de Canales

Se puede elegir el algoritmo de codificación de los paquetes de VoIP, seleccionando una opción desplegada en un menú con diferentes códecs de audio, la cual muestra los parámetros predefinidos.

**CODECS**

G.729\_8kbps ▼

Tasa del codec (Rc) 8 [Kbps]  
 Longitud\_trama (Lt) 10 [bytes]  
 Tiempo\_Lookahead (Tla) 5 [ms]  
 Tamaño\_trama (Tt) 10 [ms]

**Figura 4. 15.** Selección de Códecs

Una cabecera de VoIP está conformada por el tamaño de los protocolos RTP, UDP e IP más el contenido de la cabecera de la capa de enlace de datos (L2). Donde existe un menú desplegable para la selección de las siguientes tecnologías de acceso al medio.

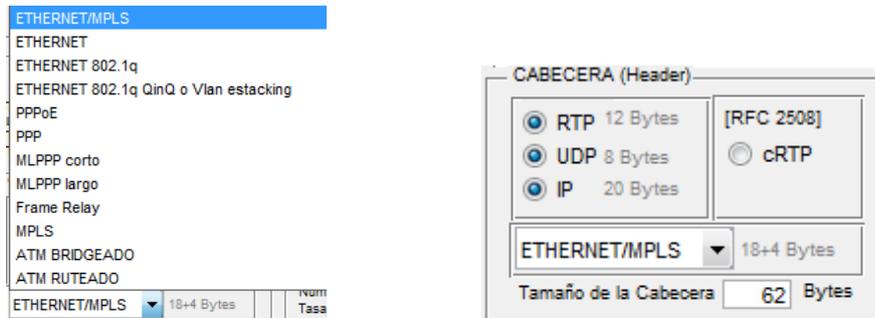


Figura 4. 16. Selección de Cabecera y acceso al medio

El cálculo del número de tramas (N), se lo realiza para saber hasta cuantas tramas por paquete puede enviar un sistema, sin que éste pierda la calidad de servicio establecidos por el Jitter y Latencia.

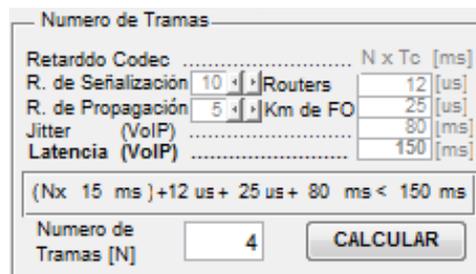


Figura 4. 17. Calculo de número de tramas por paquete

Con todos los parámetros seleccionados se procede al cálculo del Ancho de banda necesario para una red con funcionalidad VoIP.

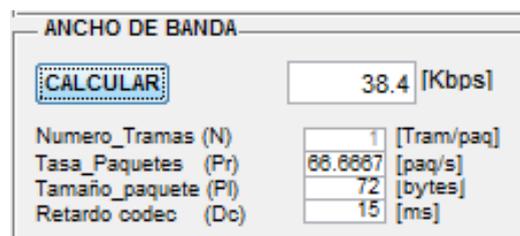


Figura 4. 18. Calculo del ancho de banda

### 4.3 Simulación OPNET

OPNET permite simular las principales redes de telecomunicaciones de una manera intuitiva, mostrando de manera eficiente la administración y resolución de problemas que podemos encontrar en redes reales.

La simulación de la topología de Centrex IP se la realizó mediante la aplicación de elementos globales establecidos en el software.

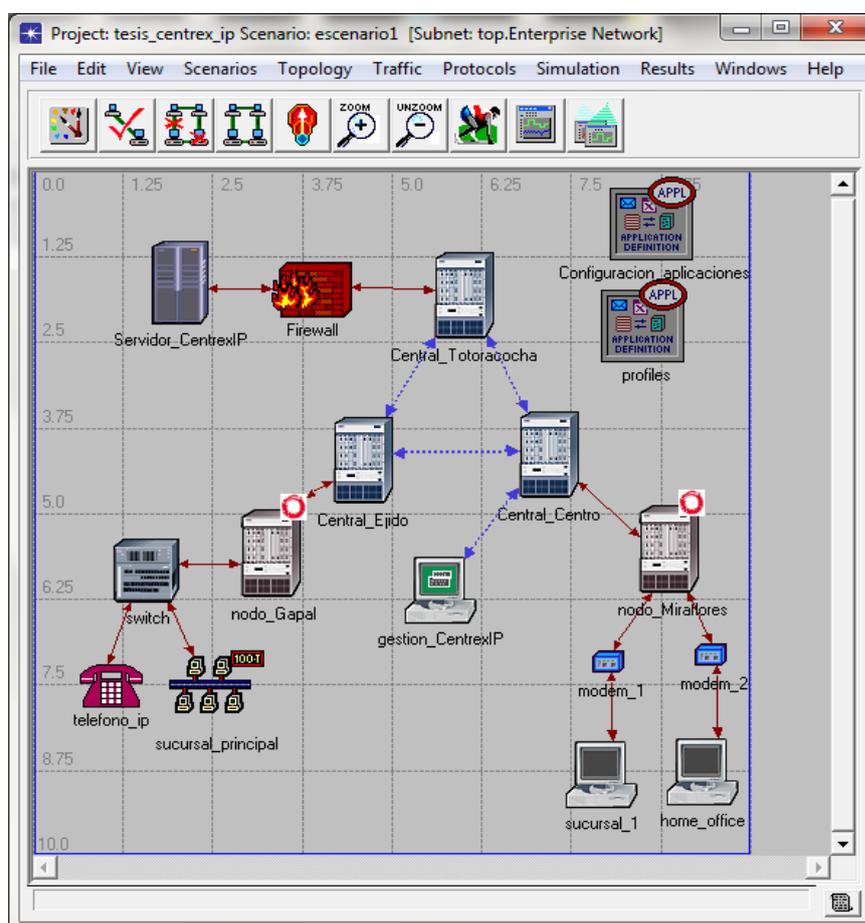


Figura 4. 19. Simulación OPNET

### 4.3.1. Parámetros de Simulación

El software brinda la funcionalidad de simular distintas aplicaciones de una red como: web, ftp, e-mail, telefonía IP, etc. Para nuestro caso el objetivo es simular la aplicación de telefonía IP, para ello editamos los atributos del objeto configuración de aplicaciones, habilitando la aplicación de telefonía IP y seleccionando el códec G.729, como se indica en la figura 4.20 y 4.21, respectivamente.

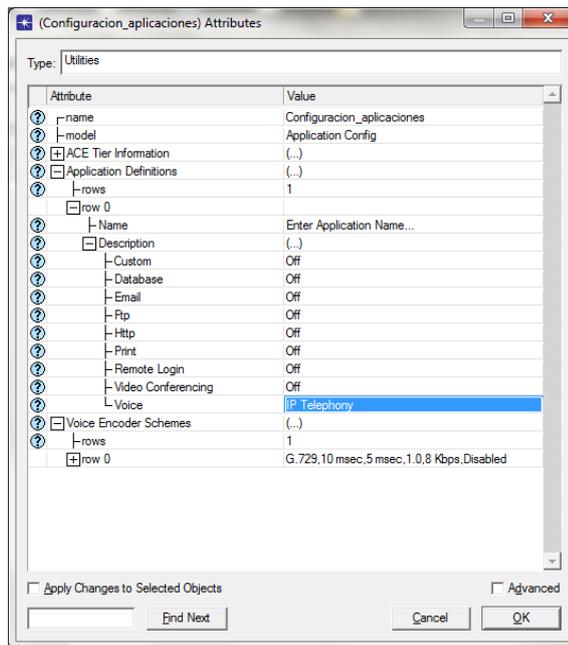


Figura 4. 20. Configuración de Aplicaciones para Telefonía IP

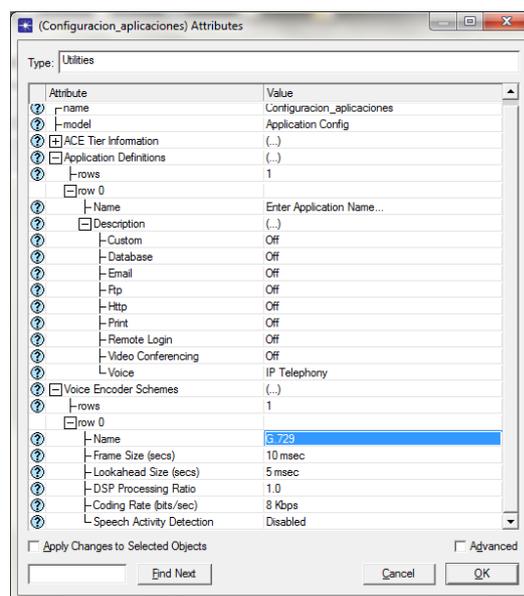


Figura 4. 21. Configuración de Aplicaciones para el códec G.729

El flujo de tráfico telefónico se puede configurar en la conexión de los elementos de direccionamiento de red (para nuestro caso la conexión entre las centrales), editando los atributos de aplicaciones de voz del códec G.729, como se muestra en la figura.

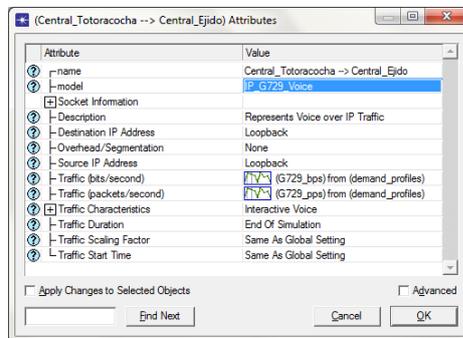


Figura 4. 22. Configuración de Aplicaciones (códec G.729)

#### 4.3.2. Visualización de Resultados

Se pueden ver los resultados de manera gráfica mediante diferentes herramientas del software, como el buscador de tráfico que muestra el flujo de tráfico generado en la red, donde los resultados obtenidos, se asemejan a los valores obtenidos en el cálculo de ancho de banda de VoIP, como se detalla en la figura.

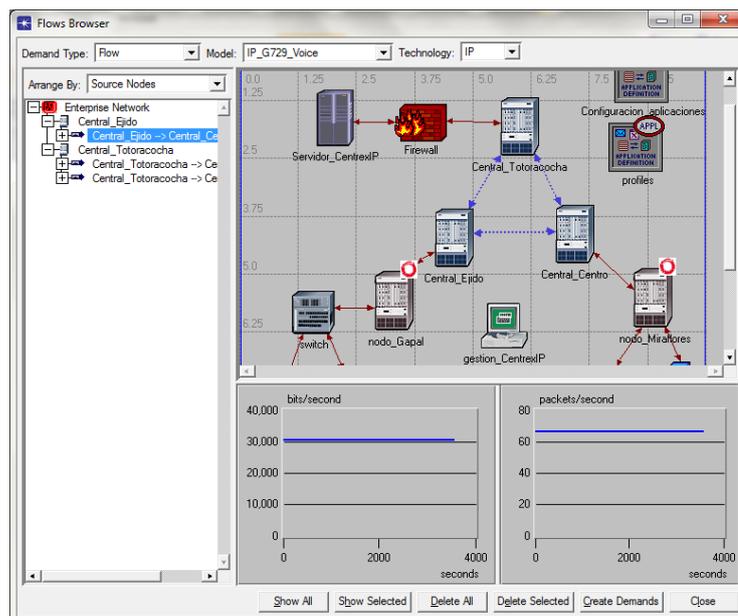
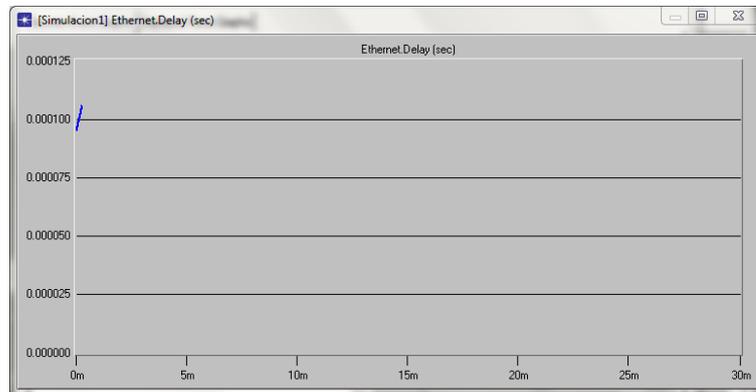


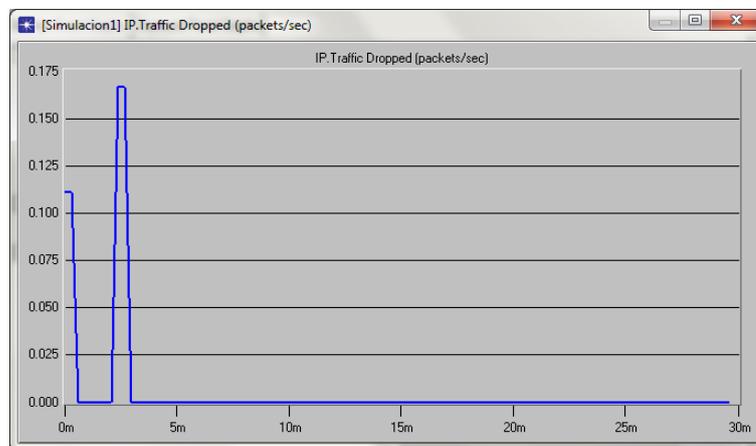
Figura 4. 23. Flujo de tráfico de la red.

El software permite obtener las graficas estadísticas de los elementos de la red de manera individual y global. Donde en la simulación se presentan las gráficas referidas al retardo de la red Ethernet y reenvió de paquetes IP.



**Figura 4. 24.** Simulación del Retardo de la red.

En la gráfica referida al retardo de la red, se representa un retardo inicial con un valor aproximado de 0.18 milisegundos.



**Figura 4. 25.** Simulación del reenvío de paquete en la red

En la gráfica de envío de trafico IP se evidencia un proceso de reenvío de paquetes realizado en el intervalo de tiempo inferior a 3 ms aproximadamente.

**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- Al desarrollar el estudio y análisis del proyecto se cumplió con el objetivo de diseñar una estructura de red que soporte la transmisión de voz, datos y videos, utilizando de manera eficiente el ancho de banda, con calidad garantizada en comunicaciones de voz, a través del despliegue de la red IP existente, mediante Centrex IP. Proporcionando una alternativa a las actuales centralitas de telefonía, que son caras y poco escalables. La implementación de Centrex IP se desarrolla a manera de aplicación sobre un SoftSwitch.
  
- El servicio Centrex IP se estructura como una central virtual, la que permite que todas las líneas de una empresa se comuniquen entre ellas vía anexo. Este diseño es una solución de red muy eficiente, ya que no requiere inversión al adquirir equipos costosos que realicen administración de servicios, tampoco gasta enormes sumas de dinero en instalación de grandes redes de comunicación para brindar el servicio, generando un ahorro de mantenimiento de equipos por parte de los usuarios. Por lo contrario evita la utilización del espacio físico que podría ocupar dichos equipos, sin contar que los equipos indicados poseen un tiempo estimado para la utilización de su tecnología (obsolescencia), tomando como aspecto positivo la optimización de los recursos, considerándose como aspecto ambiental que trata en algo mitigar el gran consumo de recursos materiales que se ha tenido por la implementación de nuevas tecnologías.

- Centrex IP está confinado para las empresas que necesitan controlar su gasto en comunicaciones telefónicas mejorando su productividad, y para empresas que necesitan desplegar rápidamente nuevas sucursales.
- Como solución para la implementación de Centrex IP, se expuso la tecnología denominada U-SYS de Huawei Technologies, que es una plataforma NGN que ofrece gran escalabilidad, control de nivel de QoS y operabilidad entre sistemas, al igual que se presenta la consola U-Path, que permite gestionar los servicios de Centrex IP de manera eficiente.
- En el desarrollo de la tesis se analizaron las soluciones Centrex IP de la marca Huawei en comparación de las arquitecturas de Asterisk y Welltech, como solución en el diseño de una red de servicios convergentes para una empresa modelo, de dicho análisis se puede concluir que todas las tecnologías cumplen con las funcionalidades especificadas para el diseño de una red VoIP, pero las ventajas que brinda Centrex IP sobresalen ante las otras soluciones, con menores costos y con mayor facilidad de administración.
- Realizando una comparación de precios con las demás soluciones de servicios de telefonía IP, se llegó a estimar que el rendimiento futuro esperado de la inversión Centrex IP en comparación de las alternativas PBX, es del 24%, siendo una solución que beneficia en la ejecución de una implementación de VoIP.
- Centrex IP ha tenido gran acogida en países que presentan una variedad de soluciones de VoIP, al ser una alternativa que minimiza el costo para los usuarios que accedan a los beneficios de la tecnología VoIP, en nuestro país

las empresas públicas han asumido el acceso de tecnología de avanzada, siendo el caso de la CNT EP y ETAPA EP, empresas que están comprometidas al despliegue de tecnologías de telecomunicaciones enfocadas a un buen servicio, sin que esto conlleve a la disminución de ingresos por la implementación de un servicio a bajo costo, sino por el contrario lleva a la diversificación de aplicaciones tecnológicas sobre redes existentes.

- El futuro de Centrex IP conlleva a una total movilidad de las estaciones de trabajo ya que al incorporar el acceso fijo-móvil, este permite a una línea telefónica hacer uso de los servicios desde cualquier lugar, sea este el hogar o desde una terminal de aeropuerto, brindando la capacidad de generar productividad en una empresa a un costo sumamente reducido.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Centrex IP como su nombre lo indica, se sustenta sobre la tecnología IP, y al ser ésta la tecnología que mayor despliegue ha tenido por la masificación de Internet, lo hace vulnerable a cualquier intrusión sea externa o interna, por lo que los mecanismos de seguridad juegan un papel fundamental para el buen funcionamiento de la comunicación por IP. En el diseño de red se establece el funcionamiento de un Firewall como mecanismo de protección para la comunicación del servicio Centrex IP, pero se recomienda reforzar la seguridad de las comunicaciones, estableciendo el acceso a la red IP mediante VPN's y ACL's, al igual que la utilización de antivirus y firewall personal, para la comunicación mediante softphones.
- Es recomendable poseer un buen servicio de banda ancha, para las futuras aplicaciones compatibles con VoIP, como es videoconferencia, que involucrara mayor manejo de recursos IP, pudiendo inferir en la calidad de las comunicaciones.
- La implementación del servicio Centrex IP en un sistema basado en SoftSwitch se presta exclusivamente sobre la red de Telefonía IP, es decir se necesita que el usuario acceda al nodo NGN de la PSTN, para poder acceder al servicio y los usuarios que no tengan acceso a la red NGN de la empresa no podrán contratar el servicio Centrex IP. Antes de realizar el análisis para una proyección de nuevas sucursales, es indispensable considerar si la ubicación donde se proyecte la nueva sucursal posea acceso a la red IP.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GÓMEZ Esteban Pedro; El Tamiz, “*Inventos ingeniosos – El teléfono*”. [En línea] 28/01/2009, [Citado:28/09/2011]<http://eltamiz.com/2009/01/28/inventos-ingeniosos-el-telefono/>.
- [2] Taringa, Artículo: “*La Historia del Telefono*” [Citado:28/09/2011] <http://www.taringa.net/posts/imagenes/1532507/Historia-del-telefono.html>.
- [3] CALERO Alejandro; Artículo de la Revista Ingenierías: “*Redes Telefonicas Publicas Conmutadas*”, Mexico: Cástulo E. Vela Villarreal , Vol. I. . 2008. [Citado:30/09/2011][http://www.ingenierias.uanl.mx/1/pdf/1\\_Calero\\_Alejandro\\_Redets\\_telefonicas.pdf](http://www.ingenierias.uanl.mx/1/pdf/1_Calero_Alejandro_Redets_telefonicas.pdf)
- [4] Elastix, Artículo: “*Señalización y Protocolos de Comunicación Telefónica*”, Licencia GPLv2. [En línea] 03/06/2011, [Citado: 5/10/ 2011] <http://www.caponline.webatu.com/elastixtech/?p=178>
- [5] HUIDOBRO MOYA José Manuel, CONESA PASTOR Rafael; “*Sistemas de telefonía*”, 2006, Editorial Paraninfo.
- [6] GARCÍA Víctor; “*REDES DE ACCESO*”, Universidad de Oviedo, España, [Citado:6/10/2011]<http://www.it.uniovi.es/docencia/Telecomunicaciones/arss/material/arssTema13-xDSL.pdf>
- [7] RÍOS Javier, GARCÍA Moraima; Recursos VoIP, “*Evolución del modelo de Red Tradicional, PSTN, hacia el nuevo concepto de NGN*”, [Citado 7/10/2011] <http://www.recursosvoip.com/colabora/softswitch1.php>
- [8] VoipForo, Artículo: “*QoS QualityOf sevice VoIP*” [Citado 15/10/2011] <http://www.voipforo.com/QoS/QoSVoip.php>

- [9] CARBALLAR José Antonio, “*VoIP. La telefonía de internet*”, 2007, Editorial Paraninfo, (pág. 61).
- [10] Cisco, “*Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption*” [En línea] 02/02/2006,[Citado:18/10/2011][http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0080094ae2.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml)
- [11] LINARES Pablo Daniel; “*Guía para la toma de decisiones en Redes Unificadas*”, 2007, Universidad de Mendoza, Argentina, [Citado:20/10/2011.], <http://www.um.edu.ar/web/imagenes-contenido/UM-MTI-LinaresP.pdf>
- [12] MOLINA VIZCAINO José; “*Implementación de servicios VoIP sobre Asterisk*”, 2006, Universidad Politécnica de Cataluña, España, [Citado:31/10/2011.],<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3812/1/54629-1.pdf>
- [13] PACHECO Ángel; “*MPLS (Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas / IP (Internet Protocol)*”, 2009, [Citado:28/10/2011.], <http://arantxa.ii.uam.es/~apacheco/redesiii/pract3.html>
- [14]. CANALIS María Sol; Artículo: “*MPLS "Multiprotocol Label Switching": Una Arquitectura de Backbone para la Internet del Siglo XX*”. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, [Citado:4/11/2011.] <http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G5/pdfs/MPLS-Canalis.pdf>
- [15] ALBERTO Cecilia, CHIESA Lucas, MANTEROLA Margarita; “*Centrales Privadas– PBX*”, 2007, [Citado:9/11/2011.] <http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp4/tp4-pbx.pdf>
- [16] SULKIN Allan, “*PBX systems for IP telephony*”, 2002, McGraw-Hill Prof Med/Tech,
- [17] HUIDOBRO MOYA José Manuel, “*Redes y servicios de telecomunicaciones*”, 2006, Editorial Paraninfo.

- [18] PALOMINO Isaac; *Tecnologías en Redes de Nueva Generación*, INICTEL-UNI, Perú, mayo 2009, p. 67, [Citado: 8/12/2011], [http://www.inictel-uni.edu.pe/videos/VSemTec/Tecnologia\\_Industria\\_Inclusion/2\\_Tecnologias\\_en\\_redes\\_de\\_Nueva\\_Generacion.pdf](http://www.inictel-uni.edu.pe/videos/VSemTec/Tecnologia_Industria_Inclusion/2_Tecnologias_en_redes_de_Nueva_Generacion.pdf)
- [19] ITU; *IMS-based real-time conversational multimedia services over NGN*, Documento técnico de las Recomendaciones UIT-T en la serie Y.2211 (10/2007), [Citado:29/3/2012], [http://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2211-200710-I!!PDF-E&type=items](http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2211-200710-I!!PDF-E&type=items)
- [20] Americatel NGN, Manual de Usuario, Perú ,2009, p.15, [Citado: 20/1/2012], [http://www.ngn.com.pe/manuales/manual\\_usu.pdf](http://www.ngn.com.pe/manuales/manual_usu.pdf)
- [21] RICO BAUTISTA, Dewar Willmer, y otros, Artículo *Redes y Tecnologías de Banda Ancha*, Universidad de Pamplona, 2011, , [Citado: 5/4/2012], [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/publicaciones/revista\\_tec\\_avanzada/2011\\_vol\\_1/12122011/17\\_articulo\\_dewar\\_rico.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/revista_tec_avanzada/2011_vol_1/12122011/17_articulo_dewar_rico.pdf)
- [22] MILLÁN TEJEDOR, Ramón Jesús, “IP Multimedia Subsystem. Convergencia total en IMS”, *Comunicaciones World*, n° 214, 2006, [Citado: 5/4/2012], <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ims.php>
- [23] ITU; *Signalling requirements and protocol profiles for IP Centrex service*, Documento técnico de las Recomendaciones UIT-T en la serie Q.3612 (06/2011), [Citado:29/3/2012], [http://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Q.3612-201106-I!!PDF-E&type=items](http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Q.3612-201106-I!!PDF-E&type=items)
- [24] ABRAHAMS John R, LOLLO Mauro; *Centrex or PBX: The Impact of IP*, Artech House telecommunications library, EEUU, 2003.
- [25] CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO, *Examen Especial a la “Instalación y Funcionamiento de la Red de Nueva Generación de ETAPA”*, Ecuador, 2008, p. 18, [Citado: 21/1/2012 ],

[http://www.etapa.net.ec/Empresa/bib\\_emp\\_doc/AuditoriaInterna/2008-12-17-INFORME-FINAL-APROBADO-RED-NUEVA-GENERACION.pdf](http://www.etapa.net.ec/Empresa/bib_emp_doc/AuditoriaInterna/2008-12-17-INFORME-FINAL-APROBADO-RED-NUEVA-GENERACION.pdf)

[26] HUAWEI; *SoftX3000 Operation Manual-Configuration Guide*, Documento técnico Huawei, [Citado:29/2/2012].  
<http://gzero.ru/file/eq/huawei/SoftX3000%20Operation%20Manual-Configuration%20Guide.pdf>

[27] HUAWEI; *User Manual U-Path Enterprise Communication Assistant V100R002B08*, Documento técnico Huawei.

[28] CNT; *Catálogo de productos y servicios*, Ecuador, 2011, [Citado:5/3/2012],  
[http://www.scribd.com/aroldot\\_2/d/89659221-Catalogo-v8-Editado-4-Oct-Cp](http://www.scribd.com/aroldot_2/d/89659221-Catalogo-v8-Editado-4-Oct-Cp)

[29] POGO BUSTAMANTE Janeth Katerine; *Análisis de los servicios de Telecomunicaciones móviles en el Ecuador*, Tesis de la ESPE, Ecuador, 2011, [Citado:16/3/2012], <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3173/1/T-ESPE-031073.pdf>

[30] CONATEL; *Planes tarifarios de operadores de telefonía móvil*, Ecuador, 2012, [Citado:28/3/2012],[http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=670&Itemid=327](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=670&Itemid=327)

[31] ITU; *La seguridad de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información*, Documento técnico visión general de las Recomendaciones UIT-T, [Citado: 29/3/2012] [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/opb/hdb/T-HDB-SEC.03-2006-PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/hdb/T-HDB-SEC.03-2006-PDF-S.pdf)

[32] MORENO Luciano, *Transacciones seguras Implementación del protocolo SSL*, [Citado:5/4/2012],[http://www.terra.es/personal6/morenocerro2/seguridad/ssl/ssl\\_7.html](http://www.terra.es/personal6/morenocerro2/seguridad/ssl/ssl_7.html)

[33] GUTIÉRREZ GIL Roberto; *Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y Riesgos*, Universidad de Valencia, España, [Citado: 3/4/2012 ], [http://www.portantier.com/downloads/seguridad\\_voip.pdf](http://www.portantier.com/downloads/seguridad_voip.pdf)

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### INGENIERÍA DE TRÁFICO TELEFÓNICO

El dimensionado de las PBX se basa en reglas de ingeniería de tráfico telefónico, introducidas originalmente por el Ingeniero Erlang.

La unidad de tráfico “Erlang” fue definida el 28 de octubre de 1946 por la CCIF (“Le Comité Consultatif International des Communications Telephoniques a Grande Distance”), según el siguiente texto: *“Para un grupo de circuitos (o dispositivos de conexión) la intensidad promedio de tráfico durante un período T es igual a la ocupación total dividida por T. La unidad de intensidad de tráfico según la definición anterior es llamada Erlang”*

### ERLANG B

Una de las más conocidas fórmulas de tráfico es la fórmula de bloqueo, conocida generalmente como “Erlang B”. Se trata de calcular la probabilidad de bloqueo (es decir, de que se encuentren todos los circuitos ocupados) en función del tráfico y del número de circuitos disponibles. La fórmula se expresa como:

$$B(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

Donde A es el tráfico, medido en Erlang y N es la cantidad de circuitos (o dispositivos de conexión) disponibles. Por lo general, lo que se desea calcular es la cantidad de circuitos (pueden ser líneas urbanas, por ejemplo) necesarias, dado un tráfico A y una probabilidad de bloqueo B .

$$N = f(A, B)$$

Esto se puede hacer iterando, o recurriendo a tablas pre-calculadas. Existen varias aplicaciones informáticas que ayudan a realizar éstos cálculos, y algunos servicios en línea a través de Internet (por ejemplo, <http://www.erlang.com/> [20]). Generalmente se toman para su uso probabilidades de bloqueo de 0.01 (1%) o 0.001 (0.1%).

Esta fórmula se basa en las siguientes hipótesis:

- El sistema se encuentra en “régimen estable”

- Existen infinitas fuentes generadoras de tráfico
- Si todos los recursos están ocupados, hay “bloqueo”, y no hay reintentos. Es decir, si en el momento de intentar acceder a un circuito o dispositivo, no se encuentra ninguno disponible, se da una situación de “bloqueo”, y el intento es desestimado. No hay “espera” y no se reintenta acceder al circuito nuevamente.
- La duración media de las llamadas es constante
- El ingreso de llamadas puede ser modelado con una distribución de Poisson.

### ERLANG C

En este caso, se trata de modelar un escenario en el que las solicitudes de acceso a un circuito o dispositivo son encoladas, en vez de abandonadas, si todos los circuitos o dispositivos se encuentran ocupados. En este caso, lo que se trata de calcular, es la probabilidad de que se tenga que esperar, es decir, la probabilidad de que, al intentar acceder a un circuito o dispositivo, la solicitud sea puesta en cola de espera (lo que equivale a decir que todos los circuitos estén ocupados). La fórmula se expresa como:

$$P_w(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}$$

Donde A es el tráfico, medido en Erlang y N es la cantidad de circuitos (o dispositivos de conexión) disponibles). Pw indica la probabilidad de que existan demoras.

Esta fórmula es extensible a una fórmula similar, en la que se calcula la probabilidad de que la demora sea mayor a cierto tiempo T. Por lo general, lo que se desea calcular es la cantidad de circuitos (pueden ser líneas urbanas, por ejemplo) necesarios, dado un tráfico A y una probabilidad de demora >T (PwT).

$$N = f(A, P_{wT})$$

Esta fórmula se basa en las siguientes hipótesis:

- El sistema se encuentra en “régimen estable”
- $N > A$ , o sea, hay más circuitos o dispositivos (N) que el tráfico recibido (A)

- Existen infinitas fuentes generadoras de tráfico
- Si todos los circuitos o dispositivos están ocupados, la solicitud se encola. Durante las colas de espera no existen abandonos.
- La duración media de las llamadas constante, y puede ser modelada como una distribución exponencial negativa.
- El ingreso de llamadas puede ser modelado con una distribución de Poisson.

La fórmula Erlang C es típicamente utilizada en Call Centres, para dimensionar la cantidad de agentes requerida. Dado un tráfico y una probabilidad de demora de cierto tiempo T, se pueden calcular la cantidad de agentes. Típicamente se tiene como objetivo atender el 80% de las llamadas en menos de 20 segundos, aunque estos parámetros pueden variar según el negocio y las exigencias del mercado.

## ENGSET

El Ingeniero Tore Olaus Engset (1865–1943) desarrolló una fórmula, similar a la Erlang B, pero que tiene en cuenta “fuentes finitas”, es decir, que hay un número determinado de fuentes que pueden generar tráfico. En este caso, la fórmula de Erlang B se ve modificada, agregando en sus términos la cantidad de fuentes. La solución a la ecuación de Engset requiere un método iterativo, en el que se parte de un cierto valor de la probabilidad de bloqueo, se recalcula éste valor, según las siguientes fórmulas:

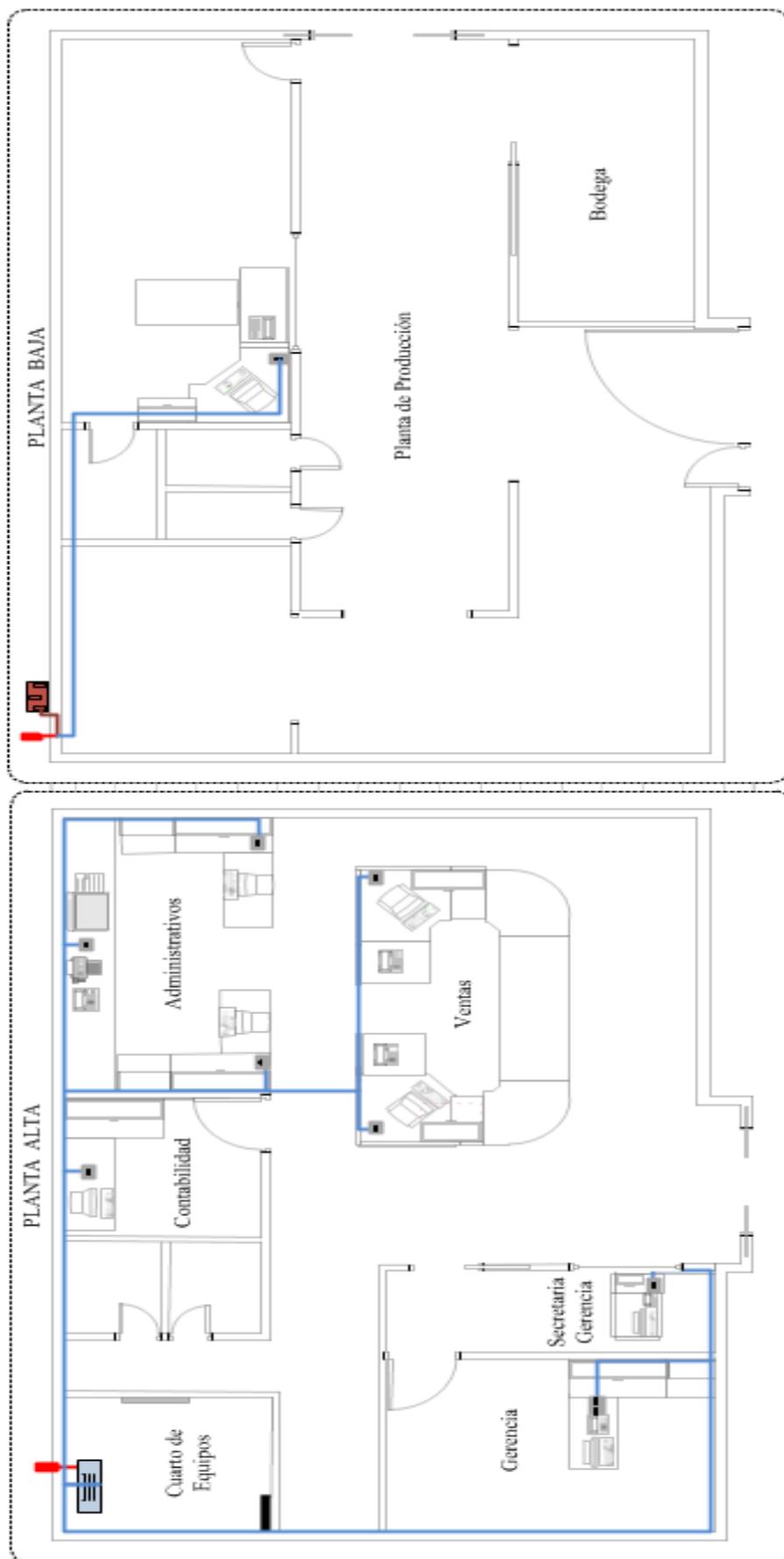
$$P_b = \frac{\left[ \frac{(S-1)!}{N!(S-1-N)!} \right] M^N}{\sum_{i=0}^N \left[ \frac{(S-1)!}{i!(S-1-i)!} \right] M^i}$$

$$M = \frac{A}{S - A(1 - P_b)}$$

Donde A es el tráfico, medido en Erlangs y N es la cantidad de circuitos (o dispositivos de conexión) disponibles, S la cantidad de fuentes y P<sub>b</sub> indica la probabilidad de bloqueo.

Con el valor obtenido de P<sub>b</sub>, se vuelve a iterar, y el proceso se repite hasta converger a la solución.

**ANEXO B** Esquema Cableado Estructurado de la sucursal Principal



## ANEXO C

### Call server based signalling flows for the IP Centrex service

For call server based IP Centrex, the access protocol between UE and the call server can be ISDN, ISUP, or ITU-T H.248, etc. The access protocol in the signalling flow given in Figure II.1 just illustrates the message sequence. In the actual implementation, it could be any of the protocols mentioned above. Figure II.1 gives an example of internal communication in the call server based context, i.e., UE1 and UE2 are in the same IP Centrex group.

UEs in Figure II.1 refer to legacy terminals.

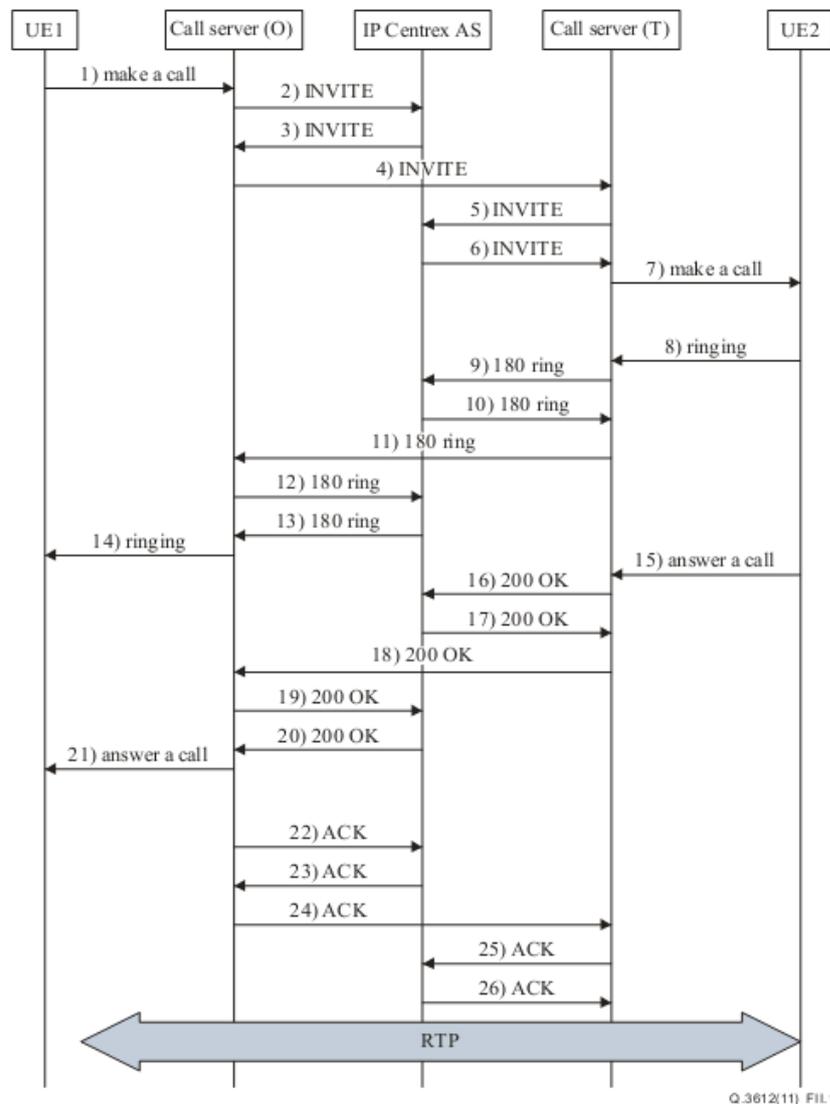


Figure II.1 – Internal communication call flow

- 1) UE1 initiates a call to UE2. The originating party can either dial the private number or the public user identity of the terminating party. The corresponding number information shall be sent to the call server.
- 2) The originating call server sends an INVITE request to IP Centrex AS with the dialled digits in the request-URI, according to the originating party's subscription.
- 3) Based on the originating party's identities and the terminating party's identities, the IP Centrex AS confirms that it is an internal communication. If the digits in the request-URI represent the private number in step 1), the IP Centrex AS shall transform it into a public user identity. The IP Centrex AS forwards the INVITE request to the originating call server.
- 4) The originating call server will route the call to the terminating call server and forward the INVITE request to the terminating call server.
- 5) The terminating call server analyzes the terminating party's service subscription and forwards the INVITE request to the IP Centrex AS.
- 6) IP Centrex AS confirms that it is an internal communication. The originating party's identities in the P-Asserted-Identity header field in the INVITE request need to be transformed into the private number of the originating party. The INVITE request is sent to the terminating call server.
- 7) The terminating call server then routes the call to the UE2.
- 8) If the UE2 is free, it will ring at this time.
- 9)-14) A 180 response is forwarded along to the originating call server. Then the alerting information of the terminating party is provided to UE1.  

NOTE – If the SIP Precondition procedure is used, a message such as 183 PRACK UPDATE shall be shown.
- 15)-21) The terminating party answers the call and related information is transmitted to UE1 by appropriate messages, e.g., 200 (OK), to the INVITE request.
- 22)-26) To complete the INVITE transaction, an ACK request is needed in order to comply with the basic SIP protocol. After that, RTP connection between UE1 and UE2 is established