



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

**CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE
TELEFONÍA TRADICIONAL, A REDES DE NUEVA GENERACIÓN
CLASE 4.**

Eduardo Iván Dávila Rivera
Asesorado por el Ing. Luis Enrique García Ocaña.

Guatemala, septiembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE
TELEFONÍA TRADICIONAL, A REDES DE NUEVA GENERACIÓN
CLASE 4.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

EDUARDO IVÁN DÁVILA RIVERA

ASESORADO POR EL INGENIERO LUIS ENRIQUE GARCÍA OCAÑA.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. José Milton De León Bran |
| VOCAL V | Br. Isaac Sultan Mejía |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Cesar Solares Peñate |
| EXAMINADOR | Ing. Juan Fernando Morales Mazariegos |
| EXAMINADOR | Ing. Otto Fernando Andrino González |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE TELEFONÍA TRADICIONAL, A REDES DE NUEVA GENERACIÓN CLASE 4,

tema que me fuera asignando por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 09 de octubre de 2007.

Eduardo Iván Dávila Rivera.

Guatemala, 29 de julio de 2009.

**Ingeniero
Julio César Solares Peñate
Coordinador Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala**

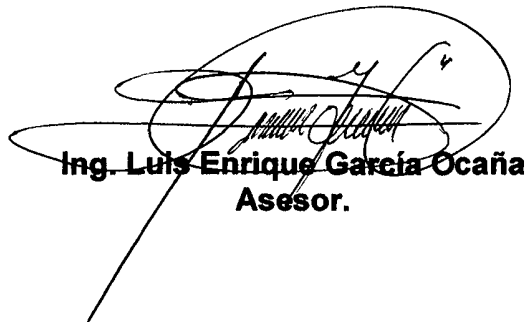
Ingeniero Solares:

Por este medio me dirijo a usted, para informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado: **Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4**, realizado por el estudiante universitario Eduardo Iván Dávila Rivera, con carné 1988-11908, como requisito para optar al título de Ingeniero Electricista.

Luego de revisar el contenido, encuentro el trabajo satisfactorio y en mi opinión llena los requisitos para su aceptación, por lo que, el autor de este trabajo de graduación y yo como asesor nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Agradecería que revise el trabajo a fin de dar el visto bueno para que el estudiante Dávila Rivera, pueda someterse al examen respectivo.

Muy atentamente,



**Ing. Luis Enrique García Ocaña
Asesor.**



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 17 de agosto de 2009

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACION DE REDES DE TELEFONIA TRADICIONAL A REDES DE NUEVA GENERACION CLASE 4”**, desarrollado por el estudiante **Eduardo Iván Dávila Rivera**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

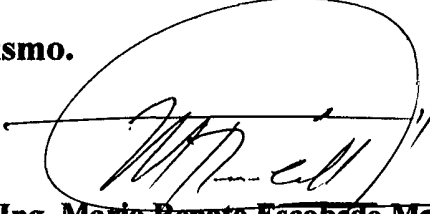

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica





REF. EIME 48. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Eduardo Iván Dávila Rivera titulado: "CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE TELEFONÍA TRADICIONAL A REDES DE NUEVA GENERACIÓN CLASE 4, procede a la autorización del mismo.



Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

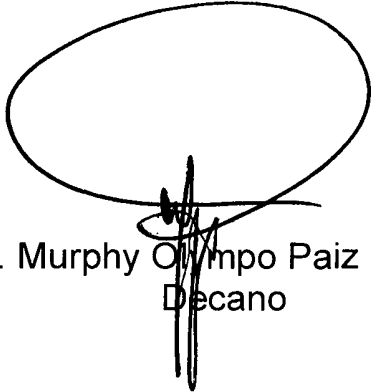


GUATEMALA, 19 DE AGOSTO 2,009.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE TELEFONÍA TRADICIONAL, A REDES DE NUEVA GENERACIÓN CLASE 4**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo Iván Dávila Rivera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olimpo Paiz R. 
Decano



Guatemala, Septiembre de 2009

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Dios, Supremo Creador que me dio fuerzas y me permitió culminar mis estudios en la USAC y concluir este trabajo de graduación.

Mis padres, Leonel Dávila Guzmán (D.E.P.) y Enma Dalila Rivera García de Dávila, por su amor, sacrificios y sabios consejos.

Mi esposa Yakelin Marisol González Gámez y a mis hijos Allan Eduardo e Iván André, por su apoyo y porque son la razón de seguir adelante en la vida.

Mis hermanos, Leonel Darío, Kenselt Ernesto y Mario Flavio, por todo el cariño y palabras de aliento que he recibido de ellos.

Mis compañeros de universidad, de trabajo y amigos en general.

El Ingeniero Luis Enrique García Ocaña, por su valioso aporte y asesoría para la realización de este trabajo de graduación, además de su amistad.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| GLOSARIO | VIII |
| RESUMEN | XIII |
| OBJETIVOS | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| | |
| 1. LA RED TELEFÓNICA CONMUTADA | 1 |
| 1.1. Definición..... | 1 |
| 1.2. Evolución de la red..... | 1 |
| 1.3. Clasificación de la red..... | 3 |
| 1.4. Estructura de las redes existentes..... | 5 |
| 1.5. Redes TDM..... | 7 |
| 1.5.1. Codificación..... | 10 |
| 1.5.1.1. Tecnologías de codificación..... | 11 |
| 1.5.1.2. Codificación PCM o MIC..... | 12 |
| 1.5.2. Calidad de servicio..... | 13 |
| 1.6. Ingeniería de tráfico..... | 15 |
| 1.6.1. Tráfico telefónico..... | 17 |
| 1.6.2. Grado de servicio..... | 17 |
| 1.7. Señalización..... | 18 |
| 1.7.1. Definición..... | 18 |
| 1.7.2. Sistema de señalización..... | 18 |
| 1.7.3. Sistema de señalización #7..... | 18 |
| 1.7.4. Arquitectura..... | 20 |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

| | |
|---|----|
| 2. LA RED VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP | 23 |
| 2.1. Arquitectura de las redes de datos..... | 24 |
| 2.2. El protocolo IP..... | 25 |
| 2.3. Paquetización de la voz..... | 27 |
| 2.4. El protocolo de tiempo real RTP..... | 28 |
| 2.5. El protocolo UDP..... | 32 |
| 2.6. Antecedentes de Voz sobre IP..... | 34 |
| 2.6.1. Tecnologías de codificación..... | 36 |
| 2.6.2. Tipos de arquitecturas..... | 38 |
| 2.6.2.1. Arquitectura centralizada..... | 38 |
| 2.6.2.2. Arquitectura distribuida..... | 40 |
| 3. CALIDAD DE SERVICIO (QoS) | 43 |
| 3.1. QoS de red telefónica tradicional en las redes IP..... | 44 |
| 3.2. Características de la QoS..... | 48 |
| 3.2.1. El códec vocal usado..... | 49 |
| 3.2.2. El retardo extremo a extremo..... | 50 |
| 3.2.2.1. Retardo de procesamiento..... | 52 |
| 3.2.2.2. Retardo de red..... | 52 |
| 3.2.3. El control del eco..... | 53 |
| 3.2.3.1. Compensación del eco..... | 53 |
| 3.2.4. Las pérdidas de paquetes..... | 55 |
| 3.2.5. Jitter..... | 55 |
| 4. REDES DE NUEVA GENERACIÓN | 59 |
| 4.1. Definición..... | 60 |
| 4.2. Descripción de las redes RNG..... | 61 |
| 4.3. Arquitectura de la RNG..... | 63 |
| 4.3.1. Capa de gestión..... | 65 |
| 4.3.2. Capa de conectividad..... | 66 |
| 4.3.3. Capa de acceso..... | 66 |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

| | |
|---|-----------|
| 4.3.4. Equipo del cliente..... | 67 |
| 4.4. Arquitectura funcional..... | 67 |
| 4.4.1. Softswitch..... | 67 |
| 4.4.2. Controlador de pasarelas..... | 68 |
| 4.4.3. Pasarelas de señalización..... | 69 |
| 4.4.4. Pasarelas de medios..... | 69 |
| 4.4.5. Servidor de medios..... | 69 |
| 4.4.6. Servidor de facturación..... | 69 |
| 4.4.7. Controlador de sesiones de frontera SBC..... | 70 |
| 4.4.7.1. Funciones del SBC..... | 71 |
| 4.4.7.2. Interconexión proveedor – proveedor..... | 72 |
| 4.5. Tipos de RNG..... | 74 |
| 4.5.1. Modo híbrido..... | 75 |
| 4.5.2. Modo RNG sobre TDM..... | 76 |
| 4.5.3. Modo completamente IP..... | 78 |
| 4.6. Evolución de las redes tradicionales hacia la RNG..... | 80 |
| 4.6.1. Requerimientos..... | 81 |
| 5. CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN..... | 85 |
| 5.1. Situación del operador antes de la migración..... | 85 |
| 5.2. Etapas de la migración a RNG..... | 89 |
| 5.2..1. Factores importantes..... | 90 |
| 5.3. Criterios utilizados..... | 92 |
| 5.3.1. Fin de vida útil..... | 95 |
| 5.3.2. Espacio físico..... | 97 |
| 5.3.3. Consumo de energía..... | 98 |
| 5.3.4. Trafico interurbano e internacional..... | 100 |
| 5.4. Análisis de costos..... | 103 |
| 5.5. Presentación de resultados..... | 112 |
| 5.5.1. Elementos para la RNG propuesta..... | 114 |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

CONCLUSIONES.....117
RECOMENDACIONES.....119
BIBLIOGRAFÍA.....121
ANEXOS.....125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Esquema de digitalización de la red..... | 2 |
| 2. | Topología de red en malla..... | 5 |
| 3. | Estructura de red en dos niveles..... | 7 |
| 4. | Trama E1..... | 9 |
| 5. | Esquema de modulación por impulsos codificados MIC..... | 11 |
| 6. | Componentes básicos de una red SS7..... | 21 |
| 7. | Formato del datagrama IP..... | 25 |
| 8. | Paquetes de voz..... | 26 |
| 9. | Encapsulamiento UDP..... | 27 |
| 10. | Formato de paquete RTP..... | 28 |
| 11. | Encapsulamiento Ethernet..... | 30 |
| 12. | Encabezamiento de datagrama UDP..... | 33 |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

13. Arquitectura centralizada IP.....38

14. Arquitectura distribuida y centralizada VoIP.....40

15. Retardo extremo a extremo.....49

16 Jitter.....54

17 Comparación de redes clásicas vs. RNG.....59

18 Arquitectura convergente de voz y datos.....62

19 Interconexión SBC en redes IP – TDM.....70

20 Modo híbrido.....73

21 Modo RNG sobre TDM.....75

22 Topología de la RTC para voz e internet.....82

23 Jerarquía de la red telefónica conmutada.....83

24 Carga del procesador de la central transito.....92

25 Propuesta de ubicación de equipo.....94

26 Descarga de tráfico interurbano.....97

27 Modelo OSI.....134

TABLAS

| | | |
|--------------|--|-----|
| I. | Tipos de Payload..... | 29 |
| II. | Ancho de banda para redes IP sobre Ethernet..... | 31 |
| III. | Parámetros de calidad en telefonía IP..... | 47 |
| IV. | Codificadores de voz y sus tiempos..... | 48 |
| V. | Consumo por gabinete..... | 95 |
| VI. | Porcentajes de distribución de tráfico..... | 98 |
| VII. | Costo de equipos de RNG de diferentes proveedores..... | 100 |
| VIII. | Minutos tasados mensuales y cargo correspondiente..... | 108 |
| IX. | Período de recuperación de la inversión..... | 110 |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

GLOSARIO

| | |
|-----------------|--|
| AAA | Autenticación, autorización y tarificación |
| ADSL | <i>Asymmetrical Digital Subscriber Line</i> . Línea de Suscriptor Digital Asimétrica. |
| ADPCM | Modulación adaptativa diferencial de pulsos codificados |
| ANSI | <i>American National Standards Institute</i> . Instituto Nacional Americano de Estándares. |
| ASCII | <i>American Standard Code for Information Interchange</i> . Código Normalizado Americano para el Intercambio de Información. |
| BAS | <i>Broadband Access Server</i> . Servidor de acceso de banda ancha. |
| CAC | <i>Call admisión control</i> . Control de admisión de llamada. |
| CELP | <i>Code excited linear prediction</i> . Predicción lineal de excitación de código. |
| CDR | <i>Call Detail Record</i> . Registro de llamada detallada. |
| CS-ACELP | <i>Conjugate structure algebraic CELP</i> . Estructura algebraic conjugada CELP. |
| DoS | <i>Denied service</i> . Rechazo de servicio. |
| DSLAM | <i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i> . Multiplexor de acceso a la línea de abonado digital. |
| DSP | <i>Digital Signal Processing</i> . Procesamiento digital de señales. |
| DTR | <i>Data Transfer Rate</i> . Velocidad de transferencia de datos. |
| E1 | Interfaz estándar ETSI-ISDN PRI 2.048 Mbps. |
| ISP | <i>Internet service provider</i> . Proveedor de servicio de internet. |
| ITU | <i>International Telecommunication Unión</i> . Unión Internacional de Telecomunicaciones. |
| ITU-T | <i>ITU Telecommunication sector</i> . Sector Telecomunicaciones de la ITU. |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

| | |
|---------------|--|
| IVR | <i>Interactive voice response.</i> Respuesta interactiva de voz. |
| LEX | <i>Local exchange.</i> Central local. |
| MEGACO | <i>Media Gateway controller.</i> Controlador de pasarela de medios. |
| MGCP | <i>Media Gateway Control Protocol.</i> Protocolo de control de pasarela de medios. |
| MIC | Modulación de impulsos codificados. |
| MSU | <i>Message Signal Unit.</i> Unidad de mensaje de señalización. |
| NAS | <i>Network access server.</i> Servidor de acceso de red. |
| NAT | <i>Network adress translator</i> Traducción de direcciones de red. |
| NT | <i>Network terminal.</i> Terminal de red. |
| ODF | <i>Optical-fiber distribution frame.</i> Bastidor de distribución de fibra óptica. |
| PBX | <i>Prívate branch exchange.</i> Conmutador Telefónico. |
| PCM | <i>Pulse Code Modulation.</i> (Modulación de Código de Pulso. |
| PDH | <i>Plesiochronous digital hierarchy.</i> Jerarquía digital plesiócrona. |
| POTS | <i>Plain Old Telephone System.</i> Sistema Viejo y Común de Telefonía. |
| PTS | Punto de transferencia de señalización. |
| QoS | <i>Quality service.</i> <i>Calidad de servicio.</i> |
| RDI | Red digital integrada. |
| RDSI | Red digital de servicios integrados. |
| RTC | Red telefónica conmutada. |
| RTP | <i>Real Time Protocol.</i> Protocolo de transporte en tiempo real. |
| SDH | <i>Synchronous digital hierarchy.</i> Jerarquía digital síncrona. |
| SIT | Superintendencia de telecomunicaciones. |
| SL | <i>Signalling link.</i> Enlace de señalización. |
| SLA | <i>Service level agreement.</i> Acuerdo de nivel de servicio. |
| SP | <i>Signalling point.</i> Punto de señalización. |
| SPC | <i>Signalling Point Code.</i> Código de punto de señalización. |
| SS7 | <i>Signalling system #7.</i> Sistema de señalización #7. |
| SSRC | Identificador del origen. |
| ST | <i>Signalling Terminal.</i> Terminal de señalización. |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

| | |
|---------------|--|
| STM-1 | <i>Synchronous transport module.</i> Módulo de transporte síncrono. |
| STP | <i>Signalling Transfer Point.</i> Punto de Transferencia de Señalización. |
| TCP/IP | <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol.</i> Protocolo de Internet/Protocolo de Transmisión de Control. |
| TDM | <i>Time División Multiplexing.</i> Multiplexión por División de Tiempo. |
| TEX | <i>Transit exchange.</i> Central tránsito. |
| TGW | Truncking Gateway. Pasarela de troncales. |
| ToS | <i>Types service.</i> Tipos de servicio. |
| UDP | <i>User Datagram Protocol.</i> Protocolo de Datagrama de Usuario. |

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

RESUMEN

La infraestructura de las comunicaciones públicas conmutadas en la actualidad consiste en una variedad de diferentes redes, tecnologías y sistemas, la mayoría de las cuales se basan sobre estructuras de conmutación de circuitos. La tecnología evoluciona hacia redes basadas en paquetes y los proveedores de servicio necesitan la habilidad para interconectar sus clientes sin perder la fiabilidad, conveniencia y funcionalidad de las redes telefónicas públicas conmutadas.

La mayor parte de la red telefónica actual de Guatemala tiene una particularidad, la cual es que casi en su totalidad es utilizada para transportar voz, hecho que en la actualidad queda algo rezagada respecto a la constante evolución de los sistemas de comunicaciones de datos. Otro aspecto importante es que, por el hecho de que la voz utiliza enlaces a 64 Kbps., los medios **de transporte e interconexión** entre centrales telefónicas está siendo **sub-utilizado**, desperdiciando valioso ancho de banda que, por utilizar protocolos **orientados a la conexión**, necesitan que las dos partes involucradas estén activas al iniciar una conversación y al momento de terminar de conversar liberan el medio dejándolo sin utilizar.

Con el presente trabajo se desea presentar los criterios necesarios para proponer una red de transición, en donde las centrales telefónicas sigan siendo tecnología **TDM**, pero que al momento de enviar una conversación hacia otra lo realicen utilizando la red **IP**, en forma de paquetes de información. Este es el primer paso para la migración hacia la Red de Nueva generación **(RNG) Clase IV**, en donde se utilizan las pasarelas de voz, también llamadas **Gateway**, para la conversión de la misma.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Este estudio se centrará en los casos de los enlaces interurbanos para descargar el tráfico de voz de larga distancia de su red **TDM**.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Establecer criterios generales para la migración de una central de la Red Telefónica Conmutada **RTC** a nivel de tránsito, utilizando el concepto de redes de nueva generación **Clase IV**.

ESPECÍFICOS:

1. Conocer la arquitectura de la Red Telefónica Conmutada **RTC**.
2. Establecer los principios y funcionalidad de las redes **IP**.
3. Identificar la arquitectura y topología de una red de nueva generación (RNG) **Clase IV**, sus componentes y protocolos utilizados.
4. Establecer los criterios necesarios para consolidar la **RTC** existente y definir las condiciones de migración de la red de circuitos actual hacia la **RNG**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

INTRODUCCIÓN

En la época actual, el transporte de voz de una central telefónica a otra, para la completación de una llamada tradicional, ya sea local o internacional, no es suficiente para los usuarios de este servicio, los cuales, exigen cada vez más y mejores servicios que satisfagan sus expectativas para la transmisión de datos, voz y video en tiempo real, por lo cual los operadores existentes deben ir evaluando la transformación de sus redes tradicionales de conmutación de circuitos a redes de conmutación de paquetes.

En este trabajo de graduación se analiza este punto, el cual trata sobre los criterios que se deben tomar en cuenta para el inicio de la migración de una central telefónica de tránsito **Clase IV** de conmutación de circuitos existente hacia una central de nueva generación. Para tal efecto, en el capítulo uno se hace referencia a los orígenes red telefónica conmutada, indicando su estructura, así como el análisis de tráfico y la señalización utilizada para la comunicación entre centrales tradicionales. El capítulo dos, se trata del manejo y utilización del tráfico de voz en redes de datos que utilizan el protocolo IP. El capítulo tres, se refiere a la calidad de servicio QoS ofrecida por estas redes en el tratamiento de la voz, así como de los distintos factores que afectan esta QoS. El capítulo cuatro, se describen las redes de nueva generación indicando su arquitectura, así como los tipos de RNG existentes, la cual dependerá de la situación actual del operador evaluado. En el último capítulo se presenta un análisis de los costos implicados en la migración de la central evaluada, indicando de manera general la rentabilidad del proyecto en si.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Con este trabajo de investigación, se pretende dar una idea de la necesidad de modernizar las centrales de telefonía existentes, con el afán de brindar nuevos y mejores servicios a la población en general y a la vez establecer los factores que se deben de tomar en cuenta para iniciar la migración de una central tradicional conmutada a una central de nueva generación.

1. RED TELEFÓNICA CONMUTADA

1.1 Definición

La red telefónica conmutada (**RTC**) es un conjunto ordenado de medios de transmisión y conmutación que facilitan, fundamentalmente, el intercambio de la voz entre dos abonados mediante el empleo de aparatos telefónicos. El objetivo fundamental de la RTC es conseguir la conexión entre todos los usuarios de la red telefónica, a nivel geográfico local, nacional e internacional.

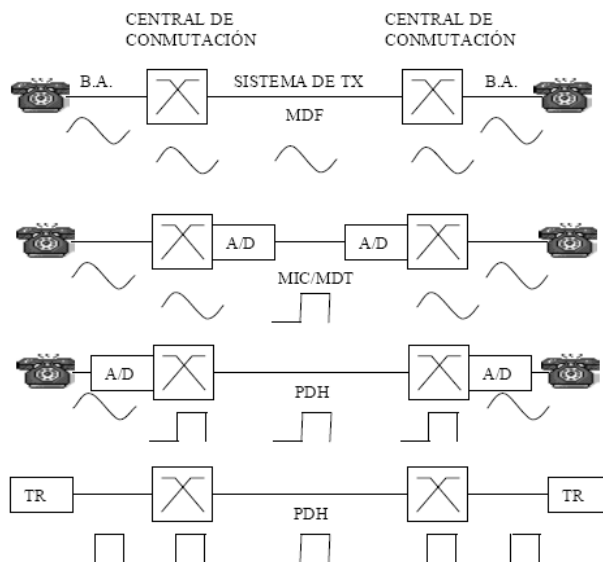
1.2 Evolución de la red

La red telefónica ha ido evolucionando a medida que se realizan avances en la tecnología, como se puede observar en la **figura 1**, en sus orígenes era totalmente analógica y el único servicio que se prestaba era la transmisión oral.

Actualmente algunos lugares ya se pueden utilizar la Red Digital de Servicios Integrados (**RDSI**), en la que todos los componentes de la red son digitales y se ofrece un gran número de servicios. Pero esta transición no ha sido brusca, si no que se ha ido desarrollado gradualmente.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 1. **Esquema de digitalización de la red.**



Fuente. Internet. **Taxonomía de Redes y Evolución.** Pág. 3.

Al inicio los sistemas de transmisión eran explotados a baja frecuencia y usando técnicas de multiplexado¹ por división de frecuencia. La conmutación era siempre espacial, usando matrices de conexiones para dar continuidad eléctrica a la señal hacia el enlace apropiado. Comienza digitalizándose los sistemas de transmisión.

¹ Técnica utilizada en comunicaciones y operaciones de entrada y salida para transmitir simultáneamente a través de un único canal o una sola línea varias señales diferentes. Para mantener la integridad de cada una de las señales a lo largo del canal, el multiplexado permite separarlas por tiempo, espacio o frecuencia. El dispositivo utilizado para combinar las señales se denomina multiplexor.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Se introducen convertidores analógico/digital a la salida de los conmutadores y se empiezan a utilizar técnicas de multiplexado por división de tiempo. A continuación se digitaliza también la conmutación, ahora se realiza la conversión analógica digital antes de entrar en el conmutador. Así es más fácil dotar a los nodos de funciones de conmutación temporal. Esta red en la que todo, salvo el bucle de abonado, es digital se conoce como la Red Digital Integrada (RDI).

Lo último en digitalizarse es el bucle de abonado. Una vez digitalizado éste, se llega a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que proporciona conexión digital extremo a extremo y da soporte a un amplio rango de servicios. De modo que RDSI es la evolución natural de la red telefónica conmutada, aunque su funcionalidad es más amplia que la de su predecesora.

1.3 Clasificación de la red

Las redes telefónicas se diseñaron optimizando al máximo las inversiones para la adquisición de equipos y dimensionando sus medios de conexión o enlaces. La decisión de adoptar un tipo de configuración de red depende de factores como:

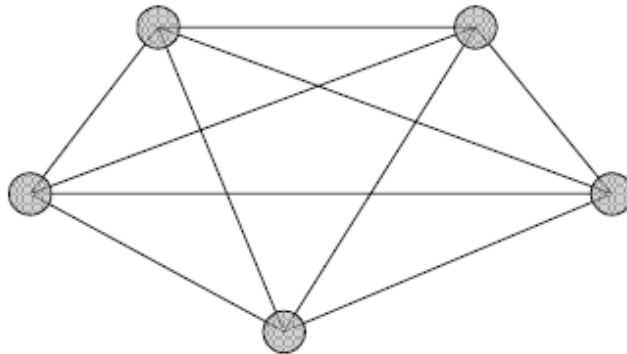
- El número de abonados a cubrir, el cual, dependerá del número de habitantes de la zona y la penetración del servicio que se pretenda conseguir.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Ubicación geográfica de los habitantes de la zona. Esto influirá directamente en la distribución de la red de acceso, de manera que el despliegue la red es totalmente distinto en una zona de unifamiliares que en una zona de edificios.
- Muy relacionado con el punto anterior, se deberán tener en cuenta las características de la zona en lo que se refiere a posible utilización del servicio. Las necesidades de servicio telefónico en una zona de oficinas son diferentes a las necesidades en una zona domiciliar o industrial.
- Se debe tener en cuenta las previsiones relativas a la utilización del servicio a medio y largo plazo.

La red telefónica conmutada, se creó para permitir comunicaciones de voz de larga distancia. En sus orígenes, la demanda no era grande y su estructura se componía de enlaces punto a punto, en principio de hierro y más adelante de par de cobre, entre los usuarios. Esta estructura daba como resultado una topología en forma de malla tal y como se muestra en la **figura 2**.

Figura 2. Topología de red en malla.



Fuente: UIT. **Estructura y diseño de redes.** Pág. 7.

La conexión de las líneas de abonado a la central, es decir, la red de acceso, se diseña en forma de estrella, se asigna un par en exclusiva a un usuario. La configuración básica en los modelos de interconexión de centrales es en forma de árbol.

Se suele optar por una red tipo malla, conectando directamente determinados nodos del árbol, cuando el tráfico entre centrales es elevado. Esta configuración mixta optimiza la jerarquización: los nodos que cursan más tráfico se unen en malla y los que menos sólo en estrella.

1.4 Estructura de las redes existentes

En nuestro país, la arquitectura telefónica actual consta sólo de dos niveles:

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

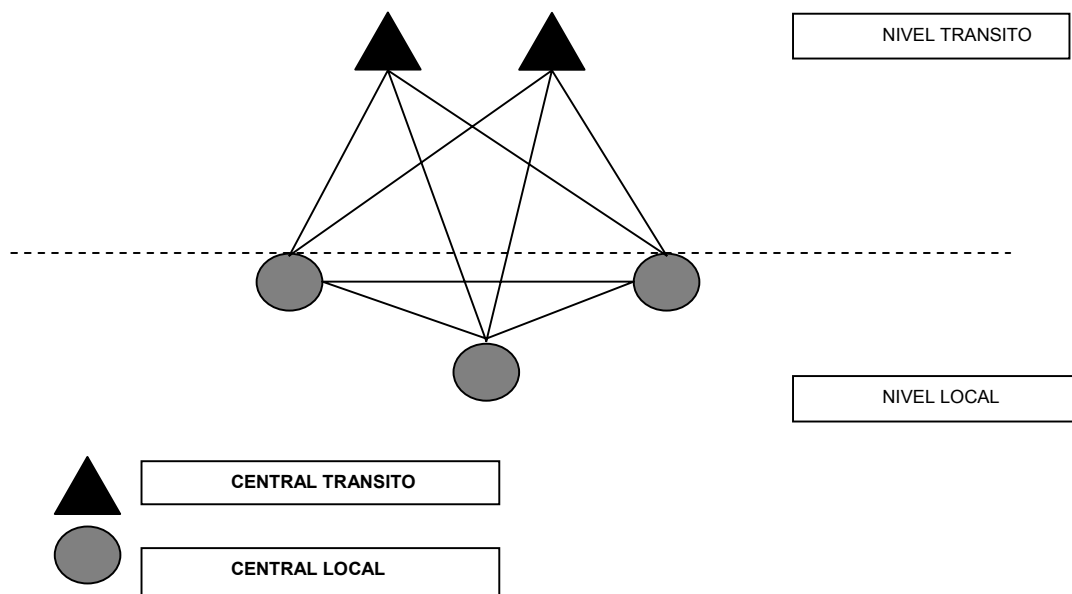
- Tránsito: centrales **clase 4**.
- Acceso: centrales locales (**clase 5**) y unidades remotas.

Las características fundamentales son:

- En la red de tránsito, constituida por centrales clase 4, como se muestra en la **figura 3**, se conectan las centrales locales digitales. Todos los nodos están interconectados entre si (malla).
- En la red local: Aparece la central local, donde se conectan los centros remotos, y además cuentan con las siguientes características principales:
 - Inteligencia para enrutar llamadas.
 - Conexión directa con usuarios de cualquier tipo.
 - Auxiliar como central de tránsito entre otras centrales locales.
 - Puede dar servicio a miles de usuarios directamente conectados, con diversos tipos de tecnología y servicios como POTS (Telefonía básica), troncales digitales a PBX, RDSI primario y básico, servicios corporativos.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 3. Estructura de red en dos niveles



Fuente: UIT. Estructura y diseño de redes. Pág. 11.

1.5 Redes TDM

Los primeros sistemas de transmisión digital para redes de telefonía aparecen en 1963, y permiten la multiplexación de varios circuitos de voz digitalizada con **PCM** para su transmisión digital en enlaces de larga distancia.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Estos sistemas de transmisión fueron sustituyendo de forma progresiva a los analógicos basados en multiplexación por división en frecuencia, que continuaron en servicio hasta los años 80². La multiplexación por división en el tiempo (**TDM**) divide el tiempo de transmisión en intervalos (**time slot**) que son asignados a los distintos canales de entrada según una ley fija en el tiempo³, lo que permite recuperar los canales de entrada en el receptor. El régimen binario a la salida deberá ser igual a la suma del de los canales de entrada y estará formado por bits correspondientes a las entradas con una cierta estructura que se repite en el tiempo, denominada **trama**. La asignación de los slot a los canales de entrada puede ser ponderada de modo que algunos transmitan más información que otros. Al igual que en el caso analógico, la **ITU-T** estableció una jerarquía con diferentes grados de multiplexación, denominada jerarquía digital plesiócrona, donde los equipos multiplexores de cada nivel utilizaban relojes de alta precisión independientes.

El primer eslabón de la jerarquía digital plesiócrona (**PDH**) está formado por un grupo básico o grupo primario, definido en la recomendación **G.732**⁴ para Europa, que agrupa a **30** canales telefónicos de **64 Kb/s** cada uno (**E0**), dejando 2 canales más de 64 Kb/s en la trama de salida destinados a señalización y sincronismo de trama, como se observa en la **figura 4**.

² Para el caso de Guatemala fue a finales de los años '80 que se empezaron a instalar las primeras centrales digitales. "Historia de las Telecomunicaciones en Guatemala". SIT.

³ La ITU-T ha estandarizado dos "Leyes de Cuantificación", la Ley A y μ .

⁴ "Características de equipos multiplexores primarios **PCM** operando a **2048 Kbit/s**". ITU-T Libro Azul. Fascículo III.4.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

La velocidad de transmisión del grupo básico es de **2048 Kb/s**, y la duración de la trama 125 microsegundos (256 bit por trama). Utiliza entrelazado de palabras de 8 bit. A esta señal multiplexada se le denomina **E1**, y corresponde con el menor grado en la jerarquía de multiplexación. A partir del E1 utilizaremos entrelazado de bit con cuatro entradas para formar los E2, E3, E4 y E5, que llevarán 120, 480, 1920 y 7680 canales de voz respectivamente. Las tramas E2, E3, disponen de espacio reservado para la justificación, a fin de acomodar las diferencias entre los relojes que componen las señales de entrada a la trama.

Figura 4. Trama E1.

| | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|------------|------------|-----|--------------|---------------|--------------|-----|--------------|--------------|
| TS 0 Sincr | TS 1 C1 | TS 2 C2 | TS 3 C3 | ... | TS 15 C15 | TS 16 Sign | TS 17 C16 | ... | TS 30 C29 | TS 31 C30 |
|---------------|------------|------------|------------|-----|--------------|---------------|--------------|-----|--------------|--------------|

Trama E1: TS= 8 bit. Velocidad trama 2048Kb/s

Fuente: R. Estepa. **Digitalización de la red telefónica**. Pág. 61.

En otros países la recomendación utilizada es la Recomendación **G.733**⁵, que establece un nivel básico denominado **T1** compuesto por **24** canales vocales. Los sucesivos niveles de multiplexación T2, T3 y T4 llevarán 24, 96, 673 y 2016 canales respectivamente. Las redes telefónicas de muchos países comenzaron a utilizar sistemas de transmisión digitales para sus enlaces de larga distancia en los años **70**.

⁵ "Características de equipos multiplexores primarios **PCM** operando a **1544 kbit/s**". ITU-T Libro Azul. Fascículo III.4

Con el uso masivo de fibra óptica los regímenes binarios en la transmisión se incrementaron notablemente. Surgió una nueva jerarquía de multiplexación digital denominada **SDH** (Jerarquía Digital Síncrona), que utiliza la misma señal de reloj para cualquier grado de multiplexación.

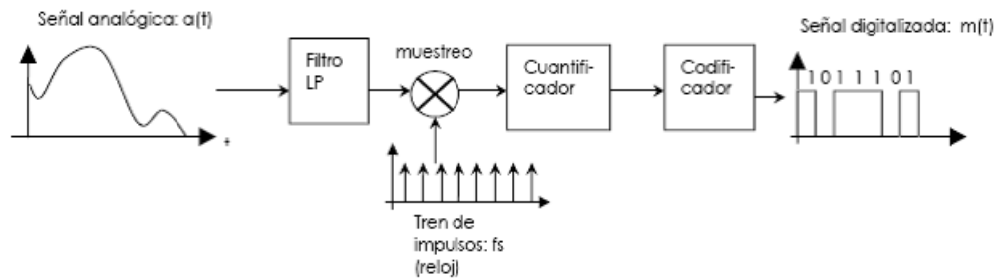
Los equipos SDH necesitan estar sincronizados entre sí, lo que se consigue mediante el uso de una red con enlaces dedicados a llevar la señal de reloj entre los nodos. El nivel de menor velocidad en la jerarquía SDH lo constituye la trama **STM-1** de **155** Mbit/s, y permite la incorporación de tributarios plesiócronicos (hasta **E3** o **T4**) dentro del espacio de carga útil, lo que facilita la convivencia de ambas jerarquías. A partir de ahí la velocidad se multiplica por 4 en cada etapa (STM-4, STM-16, STM-32).

1.5.1 Codificación

La finalidad de la codificación es transformar una señal vocal, por lo general analógica, en una señal digital con una determinada velocidad y calidad. El primer paso de la codificación incluye el muestreo de la señal analógica a una frecuencia de muestreo y con una precisión determinadas, esta última caracterizada por el número de bits utilizados para poder codificar la amplitud de cada muestra, como se aprecia en la **figura 5**. Es evidente que la elección de la frecuencia y del número de bits aplicados representa un compromiso en cuanto a la velocidad/calidad de la señal codificada. Mientras mayor sea la exigencia de la calidad, mayor será la velocidad obtenida tras el muestreo.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 5. Esquema de modulación por impulsos codificados MIC.



Fuente: R. Estepa. **Transmisión y digitalización**. Pág. 54.

El teorema de muestreo establece que una señal analógica podrá reconstruirse a partir de muestras digitalizadas si la frecuencia de muestreo es al menos el doble de la anchura de banda de la señal original. El oído humano es capaz de percibir una gama de frecuencias del orden de 20 a 20 000 Hz, y la codificación de audio de alta calidad emplea frecuencias de muestreo superiores a 40 KHz.

1.5.1.1 Tecnologías de codificación

El dominio de frecuencia (anchura de banda) que puede transmitirse por las líneas telefónicas se establece oficialmente entre 300 y 3,400 Hz. Los equipos códec (codificador/decodificador) modernos empleados hoy en las centrales telefónicas tienen una anchura de banda del orden de 200 a 3,700 Hz, y esto ha permitido una mejora general en la calidad de las líneas de abonado. Por consiguiente, se aplica un filtro de anchura de banda a la señal saliente, que restringe el espacio de frecuencia atribuido a la transmisión de la señal en ese enlace.

No obstante, pese a esa limitación de anchura de banda, la frecuencia de la voz telefónica digitalizada (32 a 64 Kbit/s) es considerablemente alta debido a que, para las aplicaciones de almacenamiento digital, las frecuencias superiores implican mayor memoria mientras que, para las aplicaciones de transmisión digital, las frecuencias superiores implican mayor anchura de banda, potencia y costo.

Para remediar esta situación se han introducido los sistemas de codificación que permiten la compresión de la señal, particularmente en los sistemas de transmisión de larga distancia comúnmente empleados en las redes telefónicas conmutadas. Las actuales redes telefónicas con conmutación de circuitos aprovechan, en su mayor parte, los sistemas de codificación basados en la técnica temporal, que se caracteriza por la preservación de la forma de onda de la señal que ha de codificarse. Según el método de cuantificación aplicado, se pueden identificar dos tipos de codificación: codificación **PCM** simple y codificación diferencial.

1.5.1.2 Codificación PCM o MIC

Es el más simple de los algoritmos de codificación que se aplican a la codificación vocal en las redes telefónicas conmutadas y **RDSI**. Se trata de muestrear una señal analógica de una frecuencia fija de 8 KHz. y cuantificar las muestras mediante un valor de 8 bits, para representar la amplitud de la señal en ese preciso instante basándose en normas de compresión no lineales (**Ley A o μ**).

Debido a que el proceso de digitalización asigna un número binario específico a cada amplitud de la señal, y que solamente hay **256** amplitudes para digitalizaciones con 8 bits, es probable que el número asignado no corresponda exactamente al verdadero valor de la señal.

Este error se conoce como error de cuantificación y produce un ruido de cuantificación en la señal de salida. Este sistema de codificación corresponde a la Recomendación ITU-T **G.711**⁶ y a una velocidad de señalización de datos de 64 Kbit/s.

1.5.2 Calidad de servicio

La noción de calidad de servicio que se aplica a una llamada telefónica entre dos usuarios tiene un alcance bastante amplio. Aparte de los parámetros que son intrínsecos a la red y que nos permiten cuantificar la calidad de servicio ofrecida, también deben tenerse en cuenta otras facetas cuando se trata de medir la calidad desde la perspectiva del usuario, es decir, la comodidad para el usuario, la disponibilidad de servicio, la seguridad, la accesibilidad del servicio, etc. Los proveedores diseñan sus redes considerando tanto los objetivos de calidad de servicio (**QoS**) que podrán satisfacer las necesidades de sus clientes, como la repercusión en los costos de la red, ya que los clientes examinan tanto el precio como la calidad cuando toman sus decisiones de adquisición.

⁶ “Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias de voz”. ITU-T Libro Azul. Fascículo III-4.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

En el contexto de la red telefónica convencional con tecnología de conmutación de circuitos, ha sido necesario, a fin de analizar la calidad de la reproducción de la voz, definir las nociones de facilidad y comodidad de escucha. En el caso del servicio telefónico, estos criterios de calidad se aplican extremo a extremo en un enlace complejo (nacional de larga distancia o internacional, por ejemplo, a través de varias centrales telefónicas y jerarquías de sistemas de transmisión), con el objetivo de producir recomendaciones para cada uno de los sistemas que intervienen en esta conexión extremo a extremo. Cuando todos los operadores interesados cumplen esas recomendaciones, el resultado son llamadas extremadamente complejas, tanto nacionales como internacionales, que son utilizadas por todas las partes que intervienen en la llamada. Las fuentes principales de degradación de la calidad estriban en:

- el procedimiento de numeración.
- el eco percibido por el hablante o el oyente.
- las tasas de errores de transmisión.

La congestión de la red no se toma en cuenta debido a que, cuando se trata de conmutación de circuitos, finalmente conduce a la indisponibilidad de la llamada pero no afecta la calidad de las llamadas establecidas. Por lo que se refiere a las tasas de errores, éstas tienden actualmente a relacionarse únicamente con la esfera móvil, ya que los medios de transmisión fijos se caracterizan por un excelente nivel de calidad.

1.6 Ingeniería de tráfico

Como cualquier otro servicio público, un sistema de telecomunicaciones tiene que proveer un buen servicio para una demanda fluctuante que solo se puede predecir con un grado limitado de exactitud. La naturaleza del servicio requiere un alto estándar de rendimiento, desde el punto de vista del usuario la gran mayoría de las demandas deben ser satisfechas con poco o ningún retraso, de lo contrario considerará un servicio inaceptable. Al mismo tiempo, los equipos de transmisión y conmutación son caros y deben ser eficientemente utilizados, un sobre-dimensionamiento de la central pueden repercutir en las ganancias y un sub-dimensionamiento dará un servicio pobre. La optimización de la estructura de la red y la provisión de equipo son por lo tanto de los aspectos más importantes en la ingeniería de las telecomunicaciones.

Los intercambios entre teléfonos son conectados por uniones ó troncales, uno de los pasos más importantes en telecomunicaciones es el de terminar el número de troncales requeridos en una ruta o conexión entre centrales. Para dimensionar una ruta se debe tener una idea de lo que es el dimensionamiento, que es cuanta gente desea llamar a la vez en la ruta. El uso de una ruta de transmisión o de un conmutador nos introduce a la ingeniería de tráfico y su uso debe se ser definido por dos parámetros: la tasa de llamadas, o el número de veces que una trayectoria es usada por un período unitario y el tiempo de espera, o la duración de una trayectoria en una llamada.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Una trayectoria de tráfico es un canal, una frecuencia de banda, una línea, un troncal o un circuito sobre el cual comunicaciones individuales pasan en secuencia. Esta utilización se puede definir mediante dos parámetros:

- Razón de llamadas.- Número de veces que se utiliza una ruta o trayectoria por unidad de tiempo, definida también como intensidad de llamadas por trayectoria durante la hora ocupada.
- Tiempo de retención.- Duración de la ocupación de la trayectoria por llamada, duración promedio de ocupación.

Otras definiciones:

- Tráfico cursado.- Es el tráfico que realmente fue conducido o establecido a través de las centrales.
- Tráfico ofrecido.- Es el volumen de tráfico demandado a la central.
- Congestión.- Diferencia entre tráfico ofrecido y cursado.

Para dimensionar una trayectoria se debe obtener la intensidad de tráfico representativo de una temporada ocupada y observando la variación de un día típico se notará que cierto período de una hora es el que muestra la mayor lectura pico a pico.

1.6.1 Tráfico telefónico

Es la acumulación de llamadas telefónicas en un grupo de circuitos o troncales considerando tanto su duración como su cantidad.

A = C x T = Flujo Telefónico = Cantidad de llamadas por hora x Tiempo promedio de la llamada.

La unidad del flujo telefónico es **llamadas/hora**. Una llamada/hora es la cantidad que representa una o más llamadas que tienen la duración agregada o acumulada de una hora. La unidad más usada en tráfico es el **Erlang**, el cual representa un circuito ocupado por una hora.

1.6.2 Grado de servicio

Expresa la posibilidad de encontrar congestión durante la hora pico. El grado de servicio típico es de **P=0.01**, esto significa que en promedio, en la hora pico se pierde una de cada cien llamadas.

P = Total llamadas perdidas / Total llamadas ofrecidas

La duración de cada llamada, que se llama "tiempo ocupado" (*holding time*), se encuentra exponencialmente distribuida con media $1/\mu$, se conoce como tiempo de servicio.

1.7 Señalización

1.7.1 Definición

Señalización es la comunicación que se da entre los equipos de telecomunicaciones, entre centros de procesamiento, entre la central y el abonado o entre bloques de software, para el establecimiento y liberación de las llamadas, o para intercambiar información de gestión, tarificación, mantenimiento, etc. La misma también está normalizada por el ente regulador de telecomunicaciones, como es la **SIT**, la cual establece la señalización a utilizar por un operador que desee interconectarse a la red.

1.7.2 Sistema de señalización

Un sistema de señalización son conjuntos normalizados y coordinados de señales, las cuales intercambian los órganos que intervienen en una conexión, con el fin de establecerla, supervisarla, sostenerla y desconectarla cuando los abonados que intervienen en dicha conexión lo deseen.

1.7.3 Sistema de señalización # 7

Es el sistema de señalización por canal común normalizado por la **UIT-T** en 1980, al cual se le asignaron las recomendaciones de la serie **Q.700**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

El propósito básico de la señalización es el de crear un lenguaje técnico para intercambiar información de control que finalmente conecte dos líneas telefónicas ubicadas en cualquier parte de la red telefónica. El tráfico de señalización externo a las centrales es el que se realiza entre diferentes tipos de nodos de red. Actualmente, el principal propósito de la señalización externa es el de transferir información de control entre nodos que se encargan de:

- Control de tráfico.
- Comunicación con bases de datos.
- Gestión de red.

Cada una de estas actividades intercambia diferentes tipos de información de señalización. Hoy en día las redes de telecomunicaciones son de 2 tipos:

- Por conmutación de circuitos.
- Por conmutación de paquetes.

Los principales usuarios de la conmutación de circuitos son:

- **PSTN:** Red telefónica pública conmutada.
- **ISDN:** Red digital de servicios integrados.
- **PLMN:** Red Pública Móvil.

Las redes de conmutación de paquetes se dividen en dos tipos:

- Redes de paquetes de datos de longitud variable.

- Redes de paquetes de datos de longitud fija (células o celdas)

1.7.4 Arquitectura

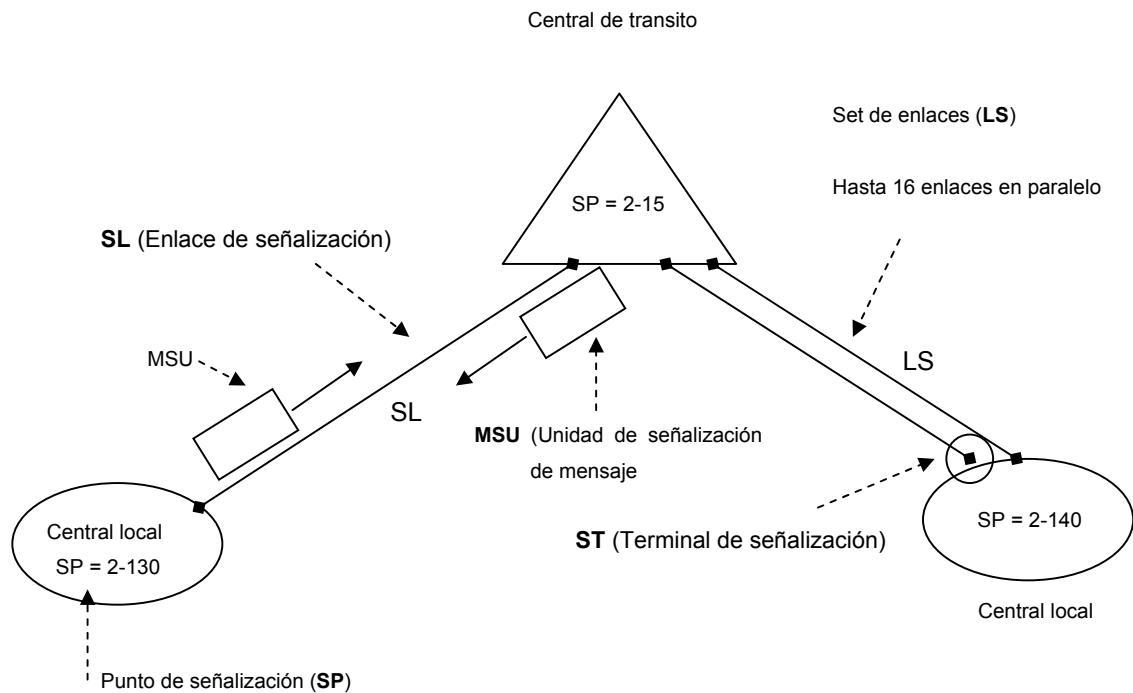
En una red de señalización No 7 existen varios componentes básicos que son: el punto de señalización **SP**, el **STP** y el enlace de señalización **SL**. Una central digital que use SS7 se conoce como SP y dentro del sistema SS7 se le asigna un número de identificación único conocido como Código del Punto de Señalización **SPC** (*Signalling Point Code*). Esta numeración se basa en el estándar ITU o en el ANSI. La **SIT** administra los SP para los operadores que se interconectan dentro de la red de telefonía de Guatemala.

El camino digital para transferir señales SS7 entre SP's se llama **Enlace de Señalización** o **SL**. En la red física esto corresponde a un intervalo de tiempo de la trama PCM (IT16) dedicado, uno en cada dirección de un enlace PCM. La configuración del enlace SS7 lo completa un Terminal de Señalización **ST** (*Signalling Terminal*) en cada extremo del enlace. Los mensajes de señalización están empaquetados en un formato llamado Unidad de Señalización de Mensajes o **MSU** (*Message Signal Unit*), como se ilustra un ejemplo en la **figura 6**.

Por razones de confiabilidad y capacidad es necesario tener mas de un enlace de señalización o SL entre dos puntos de señalización (SP's) adyacentes. Cuando hay varios SL's en paralelo se denominan *Set de Enlaces* o *LS* (*Link Set*).

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 6. Componentes básicos en una red SS7.



Fuente. Internet. **Señalización #7**. Pág. 27.

A nivel mundial la red de señalización está estructurada en 2 niveles funcionales independientes: el *nivel nacional* y el *nivel internacional*. Esto facilita una clara distribución de la responsabilidad respecto a la señalización en los aspectos de la gestión de red. También permite que los planes de numeración para los SP's en la red internacional y en las diferentes redes nacionales sean independientes entre sí.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

2. LA RED DE VOZ SOBRE PROTOCOLO IP

La opinión general es que la infraestructura y las redes de telecomunicaciones han impulsado el crecimiento económico y el desarrollo social durante muchas décadas, y que continuarán haciéndolo en el futuro. Sin embargo, el entorno de las telecomunicaciones se encuentra desde hace 20 años en un estado de cambio continuo que es consecuencia de los adelantos tecnológicos, la regulación, la privatización y el aumento de la competencia a escala mundial. Los cambios han sido, y continúan siéndolo, tanto de naturaleza política como tecnológica. En lo que a la política se refiere, se ha pasado de un sistema basado principalmente en monopolios controlados por el Estado a un sistema fundamentalmente privado y abierto a la competencia, y son los organismos reguladores nacionales quienes encargan de supervisar algunas de las actividades de las empresas.

Por su parte, la tecnología ha evolucionado desde un sistema en el que la mayor parte de los ingresos provenían de inversiones a largo plazo en servicios de voz que evolucionaban lentamente y que se ofrecen a través de líneas fijas a un sistema en el que en el futuro los ingresos se obtendrán principalmente de los servicios y aplicaciones de telecomunicaciones que cambian rápidamente y que utilizan tecnologías móviles y basadas en IP.

2.1 Arquitectura de las redes de datos

Las redes de datos se diseñaron inicialmente, y aún se emplean ampliamente, para interconectar computadores, sus servidores y las plataformas de gestión entre ellos. Las aplicaciones que aprovechan las redes de datos son por lo general aplicaciones de computador para el intercambio de datos entre las máquinas. El despliegue de las redes de datos tuvo auge tras la introducción generalizada de computadores en las empresas y en las universidades con motivo del progreso alcanzado en el campo de la tecnología de la información.

Las redes de datos reflejan una determinada transparencia en relación con las aplicaciones que manejan; caracterizada generalmente por la transferencia de datos en “**paquetes**”, cada uno de los cuales contiene todos o parte de los datos que han de transferirse entre dos computadores y la dirección del computador de destino. Esencialmente, la red se encarga de transferir los paquetes al computador de destino con una calidad de servicio definida por el usuario, que en realidad representa, la aplicación en el computador transmisor, sin ningún conocimiento anticipado de la naturaleza de esa aplicación.

Esta flexibilidad conduce, por ejemplo, al empleo de redes de datos (particularmente las basadas en **IP**) para nuevos tipos de aplicaciones de comunicación “relacionada con los humanos”, como es el caso de la transmisión de **voz** y de **vídeo**, y mediante dispositivos con capacidad de ejecutar un determinado subconjunto de aplicaciones de comunicación sin necesidad de disponer de un computador de “utilidad general”.

2.2 El protocolo IP

El protocolo Internet tiene como fin encaminar información a través de un conjunto de redes, mediante la transferencia de **datagramas** (paquetes de datos) de un módulo a otro, hasta que éstos alcancen su destino. Los módulos son programas que se ejecutan en servidores y enrutadores de red. Los datagramas se transfieren de un módulo a otro por un segmento de red de acuerdo con la interpretación de una dirección. Por tanto, uno de los mecanismos esenciales del protocolo Internet es la gestión de direcciones.

Este protocolo forma parte de la capa 3 del modelo **OSI**⁷, y es completamente independiente de las capas subyacentes, con lo cual se puede adaptar tanto a una red local como a una red mundial, que puede utilizar medios tan variados como numerosos. Es un protocolo simple, sin control de errores.

La red más conocida que utiliza el protocolo IP es la **Internet**, que es una red universal compuesta por múltiples terminales interconectados a través de una red en malla redundante. La transferencia de datos a través de la Internet se realiza sin garantías, es decir, cuando dos terminales comunican, sólo el receptor se encarga del control de datos. Si se cree que un ítem de datos recibido es incorrecto la información tiene que ser reenviada.

⁷ Ver Anexo III.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Este tipo de comunicación se denomina de “**extremo a extremo**”, puesto que dos terminales que comunican por la red sólo pueden saber que hay un error cuando los datos llegan al otro extremo. Es una red **asíncrona**, cuyo único objetivo es transmitir un paquete de datos a su destinatario sin ninguna otra restricción.

El encabezamiento de un datagrama IP, como se observa en la **figura 7** contiene un campo “**tipo de servicio**”, que sirve para guiar la selección de servicios cuando un datagrama transita por una red.

Figura 7. **Formato del Datagrama IP.**

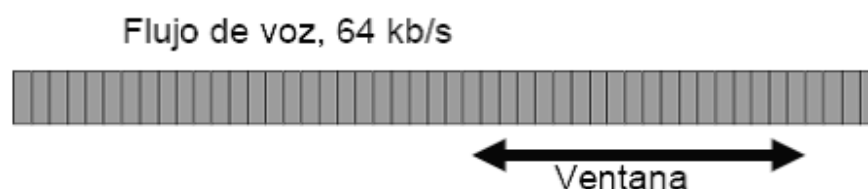
| 0 | 4 | 8 | 16 | 19 | 24 | 31 |
|------------------------|------|--------------|-----------------|-----------------|---------|----|
| VERS | HLEN | Service Type | Total Length | | | |
| Identification | | | Flags | Fragment Offset | | |
| Time to Live | | Protocol | Header Checksum | | | |
| Source IP Address | | | | | | |
| Destination IP Address | | | | | | |
| IP Options (If Any) | | | | | Padding | |
| Data | | | | | | |
| ... | | | | | | |

Fuente. Francisco Pérez García. **La arquitectura TCP/IP.** Pág. 26.

2.3 Paquetización de la voz

Para poder transmitir las muestras codificadas de voz sobre redes de datos, es necesario armar paquetes, como se muestra en la **figura 8**. Si la voz está codificada con **ley A**, una conversación consiste en un “flujo” de **64 Kb/s**. cada muestra dura $125 \mu\text{s}$.

Figura 8. Paquetes de voz.



Fuente. Joskowics, José. **Redes Unificadas**. Pág. 5.

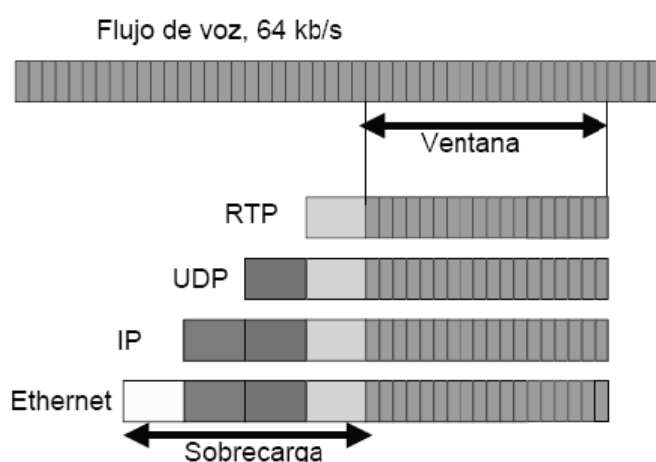
Si bien se podría formar un paquete con cada muestra de voz, esto generaría una sobrecarga (*overhead*) demasiado importante. Por otro lado, si se espera a “**juntar**” demasiadas muestras de voz, para formar un paquete con mínima sobrecarga porcentual, se pueden introducir retardos no aceptables. Un paquete IP puede tener hasta **1500** bytes de información. Si con muestras de 64 Kb/s se quisiera completar los 1500 bytes del paquete IP, se introduciría un retardo de $125\mu\text{s} \times 1500 = 187,5 \text{ ms}$. Esta demora no es aceptable en aplicaciones de voz, porque la transmisión de la voz debe ser en tiempo real, de lo contrario no se escucharían las palabras completas o se escucharía distorsionado. Por esta razón, se toman generalmente “ventanas” de 10 a 30 ms. Las muestras de voz de cada una de estas ventanas consecutivas se “juntan” y con ellas se arman paquetes.

2.4 Protocolo de transporte en tiempo real RTP

El protocolo **RTP**, establece los principios de un protocolo de transporte sobre redes que no garantizan calidad de servicio para datos “de tiempo real”, como por ejemplo voz y video. El protocolo establece la manera de generar paquetes que incluyen, además de los propios datos de “tiempo real” a transmitir, números de secuencia, marcas de tiempo, y monitoreo de entrega. Las aplicaciones típicamente utilizan RTP sobre protocolos de red “no confiables”, como **UDP**.

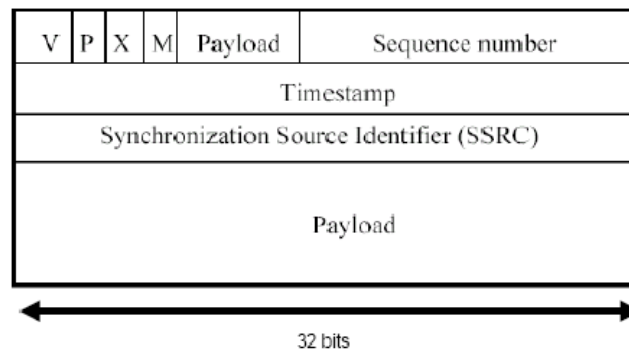
Los “bytes” obtenidos de cada conjunto de muestras de voz o video son encapsulados en paquetes RTP, y cada paquete RTP es a su vez encapsulado en segmentos UDP, como se muestra en la **figura 9**. RTP soporta transferencia de datos a destinos múltiples, usando facilidades de “*multicast*”, si esto es provisto por la red.

Figura 9. Encapsulamiento UDP.



Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 10. **Formato paquete RTP.**



Fuente. Joskowics, José. **Redes Unificadas**. Pág. 6.

Cada paquete RTP consiste en un cabezal y los datos de voz. El cabezal contiene números de secuencia, marcas de tiempo, y monitoreo de entrega. El formato de éste cabezal es el mostrado en la **figura 10**.

El campo “*payload*” identifica el tipo de información que viaja en el paquete. Es un campo de 7 bits, lo que permite diferenciar hasta 128 tipos de información. En audio, este campo indica el tipo de codificación. Algunos valores de ejemplo se muestran en la **tabla I**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tabla I. **Tipos de payload.**

| <i>Payload</i> | Formato de audio | Tasa de muestreo | Ancho de Banda |
|----------------|------------------|------------------|----------------|
| 0 | PCM mu-law | 8 Khz. | 64 Kbps |
| 1 | 1016 | 8 Khz. | 4.8 Kbps |
| 3 | GSM | 8 Khz. | 13 Kbps |
| 7 | LPC | 8 Khz. | 2.4 Kbps |
| 9 | G.722 | 8 Khz | 48-64 Kbps |
| 14 | MPEG Audio | 90 Khz | - |
| 15 | G.728 | 8 Khz | 16 Kbps |

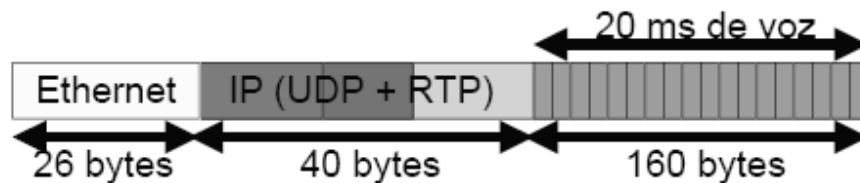
Fuente. Joskowics, José. **Redes Unificadas**. Pág. 7.

Dado que para el envío de voz sobre redes es necesario armar “paquetes”, el ancho de banda requerido dependerá de la “sobrecarga” (*overhead*) que generen estos paquetes. Para el envío de voz sobre redes de paquetes se utiliza el estándar RTP.

Éste protocolo a su vez se integra sobre UDP, el que a su vez se agrega sobre IP, el que viaja sobre Ethernet en la red LAN, como se ilustra en la **figura 11**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 11. Encapsulamiento Ethernet.



Fuente. Joskowics, José. **Redes Unificadas**. Pág. 8.

Esta suma de protocolos hace que el ancho de banda requerido para el tráfico de voz sobre Ethernet sea bastante mayor al ancho de banda del audio. Para una ventana de 20 ms, y con codificación de audio Ley A, se obtienen 160 bytes de voz por trama:

$$\text{Bytes de voz/trama} = 64 \text{ Kb/s} * 20 \text{ ms} / 8 = 160 \text{ bytes}$$

El paquete IP (incluyendo los protocolos RTP y UDP) agrega 40 bytes adicionales.

$$\text{Bytes de paquete IP} = 160 + 40 = 200 \text{ bytes}$$

La trama Ethernet agrega otros 26 bytes:

$$\text{Bytes de Trama Ethernet} = 200 + 26 = 226 \text{ bytes}$$

En la **tabla II** muestra los anchos de banda unidireccionales necesarios utilizando redes IP sobre Ethernet.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tabla II. **Ancho de banda para redes IP sobre Ethernet.**

| Tipo de Codec | Duración de Trama (ms) | Bytes de voz/Trama | Bytes de paquete IP | Bytes de trama Ethernet | Ancho de Banda en LAN (kbps) |
|------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------|
| G.711 (64 kb/s) | 10 | 80 | 120 | 146 | 116.8 |
| | 20 | 160 | 200 | 226 | 90.4 |
| | 30 | 240 | 280 | 306 | 81.6 |
| G.729 (8 kb/s) | 10 | 10 | 50 | 76 | 60.8 |
| | 20 | 20 | 60 | 86 | 34.4 |
| | 30 | 30 | 70 | 96 | 25.6 |
| G.723 (6.3 kb/s) | 20 | 16 | 56 | 82 | 32.7 |
| | 30 | 24 | 64 | 90 | 23.9 |
| G.723 (5.3 kb/s) | 20 | 13 | 53 | 79 | 31.7 |
| | 30 | 20 | 60 | 86 | 22.9 |

Fuente. Joskowics, José. **Redes Unificadas**. Pág. 9.

2.5 El protocolo UDP

El protocolo de red IP de **nivel 3** no es fiable, porque corresponde al protocolo de transporte de capa más alta, el control de la transmisión. En Internet, esta función es ejecutada por el protocolo de control de transmisión (**TCP**), que es un protocolo fiable que corrige los errores del protocolo subyacente. El encabezamiento del protocolo TCP contiene el número de secuencia de cada paquete, que sirve para reordenar el tren de datos en el terminal receptor. Tan pronto se reciben los paquetes, se envían acuses de recibo a la fuente y todo paquete sin dicho acuse debe ser reenviado.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

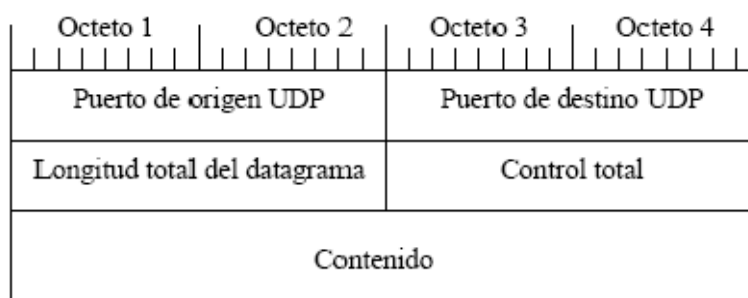
En la práctica se puede observar que la recuperación de los paquetes perdidos por lo menos triplica el tiempo de tránsito. La pérdida repetida de un sólo paquete puede provocar desfases temporales muy importantes.

Como las aplicaciones de audio y vídeo necesitan flujos constantes que no pueden tolerar variaciones y fluctuaciones sin causar interrupciones, el protocolo TCP es inadecuado para este tipo de aplicación cuando se rebasa un 4 ó 5% de tasa de pérdida de paquetes. La estrategia escogida para este tipo de aplicación consiste en dar preferencia a la continuidad sobre la fiabilidad, en otras palabras, admitir la pérdida de paquetes abandonándolos para salvaguardar la continuidad del flujo. El protocolo UDP es más utilizado en la telefonía IP, en lugar del protocolo TCP.

El protocolo UDP funciona en un modo sin conexión, es decir, enviando datagramas procesados independientemente por la red, que pueden tomar rutas diferentes y ser recibidos en un orden diferente. El protocolo UDP tiene corrección de errores y su función principal consiste en distinguir entre los diferentes servicios de aplicación, encaminándolos hacia el módulo de procesamiento de software de recepción adecuado, mediante la atribución de un número de puerto a cada aplicación. En la **figura 12** se presenta el formato del encabezamiento de datagrama UDP.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 12. **Encabezamiento de datagrama UDP.**



Fuente. UIT-D. **Informe esencial sobre telefonía IP.** Pág. 92.

2.6 Antecedentes de la voz sobre IP

Las señales digitales últimamente han prevalecido sobre las analógicas puesto que ofrecen mayores ventajas, entre las que se pueden mencionar:

- Facilidad para multicanalizar las señales.
- Fácil señalización.
- Generación de señales.
- Baja razón señal-ruido.
- Encriptación eficiente de la señal.

Comparando el envío de voz de manera analógica con la forma digital se puede observar que al mandar la voz por la red telefónica conmutada, si la comunicación se establece entre muy largas distancias, resulta necesario implementar amplificadores que permitan mejorar la señal.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Al amplificar el audio también se amplifica el ruido de la línea, o sea, que si se distorsiona la señal durante la transmisión, el amplificador simplemente amplifica la señal distorsionada. Esto no ocurre en las redes digitales, ya que los repetidores o amplificadores no solo amplifican la señal, sino que la filtran y la limpian del ruido de la línea antes de retransmitirla.

La red IP comenzó a desarrollarse exponencialmente con el surgimiento del Internet. Surgieron los conceptos de nodos, servidores, ruteadores, repetidores, puentes, *switches*, *gateway* y demás elementos que conforman una red de paquetes conmutados bastante útil para el intercambio de datos. Por lo que poco a poco la información que se buscaba transmitir empezó a ser más demandante. Llego un momento en el que por la red viajaban datos multimedia como videoconferencias a buena tasa de transmisión y mostraron una fuerte evolución en las comunicaciones digitales. Fue así como surgió la idea de implementar una red IP donde pudiera viajar la voz. En la red de voz sobre IP existe un control de llamadas que se encarga de traducir direcciones IP y planes de numeración telefónica, relacionarlos y establecer la comunicación.

Se ha preferido la red de paquetes conmutados sobre la red de circuitos conmutados puesto que la segunda exige un ancho de banda definido o fijo durante toda la transmisión punto a punto incluso cuando no se este utilizando por completo este recurso, por ejemplo, cuando ambas personas guardan silencio por instantes. Todo lo contrario ocurre en la red de paquetes conmutados, donde el ancho de banda es aprovechado al máximo. Lo anterior se puede traducir en la diferencia de costos invertidos en cada red.

2.6.1 Tecnología de codificación

La calidad de audio obtenida de la red IP es parte esencial del servicio que presta. En ese servicio se trata simplemente de proporcionar aplicaciones con un canal de transmisión cuyas características, tales como retardo, anchura de banda o tasa de pérdida, pueden variar considerablemente en el tiempo. Por lo general, pueden concebirse dos métodos, que a menudo se emplean simultáneamente, para controlar esa calidad.

El primero consiste en adaptar los servicios de la red a los requisitos de las aplicaciones, lo cual se traduce en realidad a modificar los protocolos y mecanismos aplicados por la red para ofrecer nuevos servicios que se adaptan a los requisitos de las aplicaciones (telefonía en este caso). Para ese fin, es necesario definir una gama de servicios y aplicar mecanismos tales como la reservación de recursos o la atribución de recursos en los ruteadores, los cuales podrán prestar los servicios solicitados.

El segundo método consiste en adaptar las aplicaciones a los servicios de la red, es decir, disponer las cosas de tal manera que la propia aplicación compense los efectos no deseados de una red del tipo mejor servicio posible. Esto se reduce en la práctica a concebir los elementos de tal manera que la aplicación adapte su comportamiento de conformidad con las características de la conexión por la cual se están transmitiendo esos paquetes. En el caso de la transmisión vocal, el objetivo del es lograr la mejor calidad de sonido posible en el extremo receptor, dado el estado de la red.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Dentro del marco de este último método se han desarrollado técnicas de codificación con una eficiencia considerablemente superior que la técnica temporal y son las que están siendo utilizadas en la transmisión de audio y vídeo por las redes IP.

A continuación se comentan, la mayoría de los codificadores antes mencionados, las principales características en velocidad binaria, calidad vocal, como una nota media de opinión (MOS), estableciendo el MOS medio de una forma normalizada basada en cinco categorías (1 = deficiente, 2 = mediocre, 3 = bastante bueno (medio), 4 = bueno, 5 = excelente), para condiciones de voz limpia; complejidad de ejecución y el retardo de codificación/decodificación.

Por consiguiente, es posible concluir que los sistemas de codificación han evolucionado considerablemente en los últimos años, y que esto ha permitido reducir de manera importante la necesidad de anchura de banda de diversos servicios de telecomunicaciones, particularmente la transmisión vocal. Actualmente, estos sistemas de codificación han alcanzado la madurez, y hay actividades en curso para desarrollar nuevos e incluso más eficaces sistemas de codificación.

Con los sistemas códec que aplican la técnica análisis-síntesis, que son en realidad los sistemas más eficaces para la aplicación de la telefonía IP, se ha logrado un gran progreso para garantizar la calidad de servicio de este tipo de aplicación por las redes IP.

2.6.2 Tipos de arquitecturas

En el pasado, todas las redes de voz fueron construidas usando una arquitectura centralizada en la cual los teléfonos fueron controlados por los conmutadores centralizados, sin embargo, este modelo trabajo bien para los servicios de telefonía básica. Uno de los beneficios de la tecnología VoIP, es que permite a las redes ser construidas usando una arquitectura centralizada o bien distribuida. Esta flexibilidad permite a las compañías construir redes caracterizadas por una administración simplificada e innovación de terminales de usuario (teléfonos), dependiendo del protocolo usado.

2.6.2.1 Arquitectura centralizada

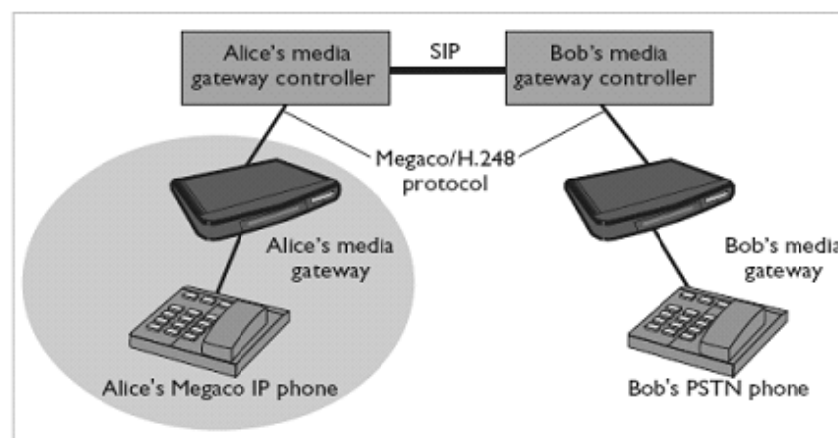
En general, la arquitectura centralizada esta asociada con los protocolos **MGCP** y **MEGACO**⁸, como se ilustra en la **figura 13**. Estos protocolos fueron diseñados para un dispositivo centralizado llamado *Controlador Media Gateway*, que maneja la lógica de conmutación y control de llamadas. El dispositivo centralizado comunica al *Media Gateway*, el cual enruta y transmite la porción audio/media de las llamadas (la información de voz actual).

⁸ Ver Anexo II.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

En la arquitectura centralizada, la inteligencia de la red es centralizada y los dispositivos finales de usuario (*endpoints*) poseen características limitadas. Sin embargo, muchas arquitecturas VoIP centralizadas usan protocolos *MGCP* o *MEGACO*.

Figura 13. **Arquitectura centralizada VoIP.**



Fuente. Rosario, Marco & Herrera, Felipe. **El Estándar VoIP**. Pág. 6.

Los defensores de la arquitectura VoIP centralizada, apoyan este modelo porque centraliza la administración, el aprovisionamiento y el control de llamadas. Simplifica el flujo de llamadas repitiendo las características de voz. Los críticos de la arquitectura VoIP centralizada demandan que se suprimen las innovaciones de las características de los teléfonos (*endpoints*) y que llegara a ser un problema cuando se construyan servicios VoIP que muevan mas allá de características de voz.

2.6.2.2 Arquitectura distribuida

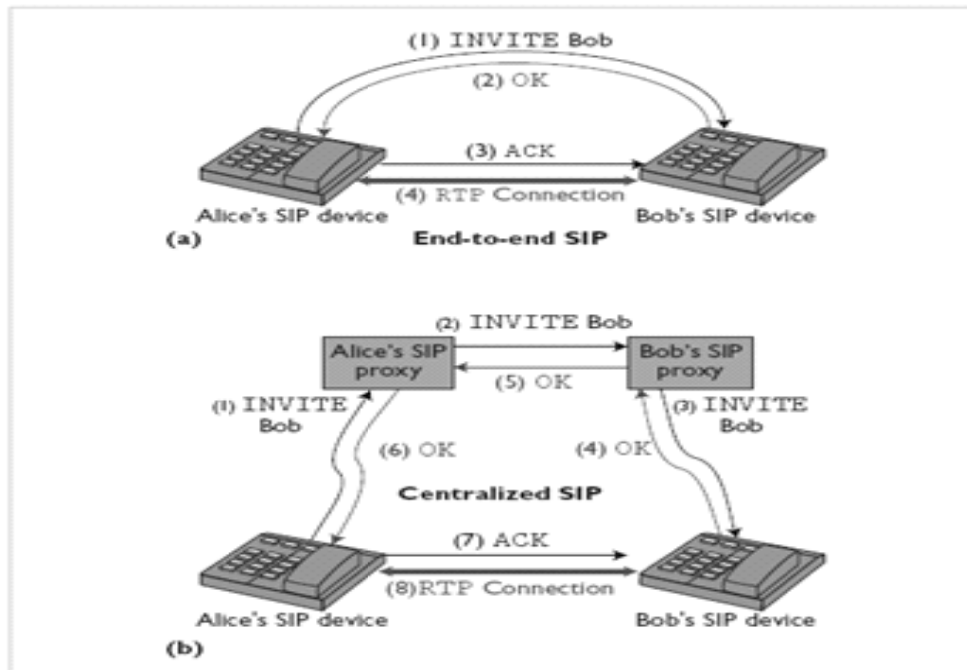
La arquitectura distribuida esta asociada con los protocolos *H.323* y *SIP*. Estos protocolos permiten que la inteligencia de la red sea distribuida entre dispositivos de control de llamadas y terminales de usuario. La inteligencia en esta instancia se refiere a establecer las llamadas, características de llamadas, enrutamiento de llamadas, aprovisionamiento, facturación o cualquier otro aspecto de manejo de llamadas. Los terminales de usuario pueden ser *Gateway VoIP*, teléfonos IP, servidores media, o cualquier dispositivo que pueda iniciar y terminar una llamada VoIP. Los dispositivos de control de llamadas son llamados Gatekeepers en una red H.323, y servidores Proxy o servidores en una red SIP.

Los defensores de la arquitectura VoIP distribuida apoyan este modelo por su flexibilidad. Permite que las aplicaciones VoIP sean tratadas como cualquier otra aplicación IP distribuida, y permite la flexibilidad para añadir inteligencia a cualquier dispositivo de control de llamadas o terminales de usuario, dependiendo de los requerimientos tecnológicos y comerciales de la red VoIP. La arquitectura distribuida son usualmente bien entendida por los ingenieros que manejan redes de datos IP.

Los críticos de la arquitectura distribuida comúnmente apuntan a la existencia de la infraestructura RTC como el único modelo de referencia que debiera ser usado cuando intentamos repetir los servicios de voz. Ellos también notan que las redes distribuidas tienden a ser más complejas.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 14. Arquitectura distribuida y centralizada VoIP.



Fuente. Rosario, Marco & Herrera, Felipe. **El Estándar VoIP**. Pág. 7

En la **figura 14**, se puede apreciar un ejemplo de la arquitectura distribuida y centralizada.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

3. CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

La convergencia de la red telefónica y el internet contribuye a la tendencia de la transmisión por paquetes para redes de telecomunicaciones. La integración de voz y datos en una sola red ofrece una eficiencia considerablemente superior a las empresas explotadoras de redes tanto privadas como públicas.

Los datos son cursados más eficientemente en redes de paquetes. Los mismos han sobrepasado a la voz como tipo principal de tráfico de telecomunicaciones, además, el volumen de tráfico de datos sigue creciendo más rápidamente, por lo que no es sorprendente que la red integrada use la transmisión basada en paquetes. La transmisión de la voz digital basada en paquetes es un paso lógico en la evolución, pero tiene ciertas implicaciones importantes para la calidad vocal:

- Primero, el funcionamiento de las redes de paquetes se basan en los requerimientos de los datos. Los tamaños de los paquetes, los suplementos de encabezamientos de paquetes, las dimensiones de las colas y otras memorias intermedias (*buffers*), etc., han sido diseñados, para obtener una eficiencia óptima de la transferencia de datos.

- Segundo, la voz y los datos pueden compartir los enlaces de acceso (dedicados a la voz en las redes con conmutación de circuitos) en el sistema de paquetes. En ciertos casos, esto restringirá considerablemente la velocidad de datos de un canal vocal por un enlace de acceso por paquetes.
- La interacción de las redes de paquetes modernas con redes telefónicas conmutadas, PBX y redes especiales, tales como las inalámbricas, también presentan configuraciones para gestión de la calidad.
- Por último, se presentan ciertos aspectos específicos relacionados con el suministro de los servicios de voz, proporcionados por la RTC de características normales, tales como "manos libres" y conferencias, a las que tienen acceso los usuarios de la telefonía vocal.

3.1 QoS de la red telefónica tradicional en las redes IP

Primero, debe notarse que la RTC es una red que cursa eficazmente una variedad de servicios, además de un servicio de "voz". En realidad, la RTC tradicional proporciona no sólo el servicio básico que todos usan para la comunicación vocal elemental con otras personas, sino también servicios auxiliares "en banda" que típicamente se emplean para comunicaciones no humanas (fax, módems de acceso por discado, tonos digitales, etc.).

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

La mayoría de dichos servicios "en banda" dependen en sumo grado de las características de voz básicas de la RTC con multiplexaje por distribución en el tiempo para obtener una buena calidad del servicio. Típicamente, esas características están relacionadas con el ancho de banda, la frecuencia, la propagación, técnicas de modulación y armónicos, entre otras cosas. Cuando suministran transmisiones de voz a través de una red de transmisión IP, las empresas explotadoras pueden usar códec de alta velocidad (**UIT-T G.711**)⁹, siempre que la demora y las fluctuaciones sean limitadas en la red IP conectora, para que la calidad suministrada a los usuarios sea equivalente a la de la RTC.

Sin embargo, como las posibilidades de lograr condiciones comparables de demora y fluctuación en la red IP general (o sea, en la Internet) son muy pocas, se han propuesto diversas normas y otros mecanismos para poder trabajar con esos tipos de servicios cuando un número de servicios de voz y datos se cursan juntos.

Por lo general, dichos mecanismos suponen el uso de determinados códec de voz de velocidad más baja junto con técnicas para convertir bits/bytes en trenes de información **ASCII** equivalentes, y enviar la información convertida como flujos de datos IP "fuera de banda" o paralelos.

⁹ "Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias de voz". ITU-T Libro Azul. Fascículo III-4.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Es probable que una RGN IP tenga que ser compatible con técnicas tanto "en banda" como "fuera de banda". Esta función, tiene primordial importancia en relación con la QoS experimentada por el usuario final. En esto influyen dos factores fundamentales:

- La calidad de la voz extremo a extremo, determinada por los sucesivos procesos de codificación – decodificación, y las pérdidas de paquetes en la red.
- La demora extremo a extremo, debido a los sucesivos procesos de codificación, decodificación, paquetización y "encolados", afecta la interactividad en la conversación y por tanto a la QoS.

Las redes IP son redes del tipo *best-effort* y por tanto no ofrecen garantía de QoS, pero las aplicaciones de telefonía IP si necesitan algún tipo de garantía de QoS en términos de demora, *jitter* y pérdida de paquetes.

La preparación de los medios en los terminales para ser enviados y transferidos por la red IP involucra varios procesos: digitalización, compresión y empaquetado en el extremo emisor, y los procesos inversos en el extremo receptor. Todo esto se lleva a cabo mediante un complejo procesamiento que sigue determinado algoritmo, lo cual a su vez se desarrolla en cierto intervalo de tiempo, esto es, implica demora de procesamiento y demora de empaquetado:

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Demora de procesamiento, es la demora producida por la ejecución del algoritmo de codificación, que entrega un *stream* de bytes listos para ser empaquetados.
- Demora de paquetización, es el tiempo que se requiere para formar un paquete de voz a partir de los bytes codificados. Debe señalarse que el resultado de esta codificación – paquetización incide directamente en la QoS, y también la forma en que se lleve a cabo.

Así, cuando se reduce la velocidad de codificación, los requerimientos de ancho de banda también se reducen, lo que posibilita a la red poder manejar más conexiones simultáneas, pero se incrementa el retardo y la distorsión de la señales de voz. Lo contrario ocurre al aumentar la velocidad de codificación.

Otro aspecto a considerar es el compromiso entre el retardo de paquetización y la utilización del canal (relación entre bytes de información y bytes de cabecera en cada paquete de voz), es decir, la búsqueda de mayor utilización del canal conduce a mayor demora de paquetización para cierto estándar de codificación. Claro está, según el estándar de codificación que se utilice será la demora resultante en relación con la utilización del canal, diferencias que se acentúan cuando la utilización del canal está por encima del 50 %, con un crecimiento de la demora en forma exponencial en el caso de los códec de baja velocidad como el **G.723.1**¹⁰.

¹⁰ “Tasa dual de códec de voz para la transmisión de comunicaciones multimedia a 5.3 y 6.3 kbit/s” ITU-T.

La demora de paquetización también puede ser reducida mediante multiplexación de varias conexiones de voz en el mismo paquete IP. A las cuales se suma también la demora que introduce el proceso de *buffering* en los terminales, y la demora de "encolado" en la red. Todo esto da una demora extremo a extremo que percibe el usuario final en mayor o menor medida.

3.2 Características de la QoS

El término QoS describe los mecanismos al nivel de red y no la calidad percibida por el usuario. Una parte de esta QoS es la capacidad de un elemento individual de red (como un servidor, un *router*, o un conmutador) para garantizar que puedan satisfacerse tanto su tráfico como sus requisitos de servicio. QoS también suele definirse como un conjunto de tecnologías que permiten gestionar los efectos de la congestión del tráfico optimizando los diferentes recursos de la red disponibles (en lugar de ir aumentando continuamente capacidad). La calidad de sonido de VoIP, en particular para voz sobre Internet no está garantizada y es altamente sensible a congestiones en la red. Al principio se encontraba bastante por debajo de la calidad del móvil celular aunque hoy día se logran calidades de trasmisión superiores a la telefonía móvil. Además, mientras más routers o "saltos" experimenta el paquete a través de la red, mayor es el retardo que sufre. En la **tabla III**, se identifican los parámetros de calidad que se deben tomar en cuenta en una red IP.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tabla. III. **Parámetros de calidad en telefonía IP.**

| | |
|-------------------------------|--|
| Latencia | La latencia afecta el ritmo de la conversación (se refiere al retardo entre el tiempo en que una de las partes habla y el tiempo en que la otra parte escucha lo hablado), y constituye el resultado de retardos en la pasarela o en la red. Una latencia que excede 250 ms se vuelve molesta para una conversación normal. |
| Pérdida de Paquetes | Este tema tiene relación con la Telefonía de Internet que se da el internet público más que aquella que se produce en las redes privadas. La pérdida de paquetes ocurre cuando los routers que encaminan los paquetes sobre la red IP se sobrecargan. La respuesta de un router es la de desechar intermitentemente algunos paquetes. Es poco probable que en una conversación de voz aceptable se noten pérdidas de paquetes menores al cinco por ciento. Cualquier pérdida de paquetes que excedan el cinco por ciento tiene probabilidades de resultar en conversaciones entrecortadas. |
| Interpolación | Se refiere a qué tan bien (con qué grado de fidelidad) armoniza la voz transmitida con la voz natural de la persona que habla. ² |
| Inestabilidad (jitter) | La inestabilidad resulta cuando una conversación telefónica es descompuesta en paquetes que viajan luego a través de las redes IP posiblemente a velocidades diferentes. Cuando los paquetes llegan a diferentes velocidades, el usuario escucha un poco de conversación seguida de silencio hasta que arriba el siguiente paquete. |
| Compresión | Hay una interacción entre la compresión y la calidad. Mientras más se comprime la señal de voz en el codec, menor es la calidad. Es posible comprimir la señal de voz de los 64 Kbps convencionales a tasas menores a 10 Kbps. |

Fuente. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. **Estructura del estudio sobre características de la voz basadas en redes que usan IP.** Pág. 24.

Una elevada calidad de voz de extremo a extremo en las redes de transmisión por paquetes depende principalmente de los factores que se mencionan a continuación.

3.2.1 El códec vocal usado

Este retardo es causado por la necesidad de recolectar un marco de muestras de voz para que sean procesados por el codificador de voz. Está relacionado con el tipo de codificador usado y varía de una sola muestra en el tiempo (0.125 μ sg.) a muchos milisegundos, como se observa en la **tabla IV**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tabla IV. **Codificadores de voz y sus tiempos**

| | | |
|---------|---------------------------------------|-----------------|
| G.726 | ADPCM 16, 24, 32, 40 Kbps. | 0.125 μ sg. |
| G.728 | CELP 16 Kbps. | 2.5 msg. |
| G.729 | CS-ACELP 8 Kbps. | 10 msg. |
| G.723.1 | Codificador Multitasa, 5.3, 6.3 Kbps. | 30 msg. |

Fuente. Marco Aurelio Rosario Villareal. **El Estándar VoIP**. Pág. 10.

Es esencial elegir el códec vocal apropiado. Las características del códec incluyen la calidad básica (es decir, sin degradación) y el desempeño con degradación, tal como ruido de fondo y paquetes perdidos o tardíos.

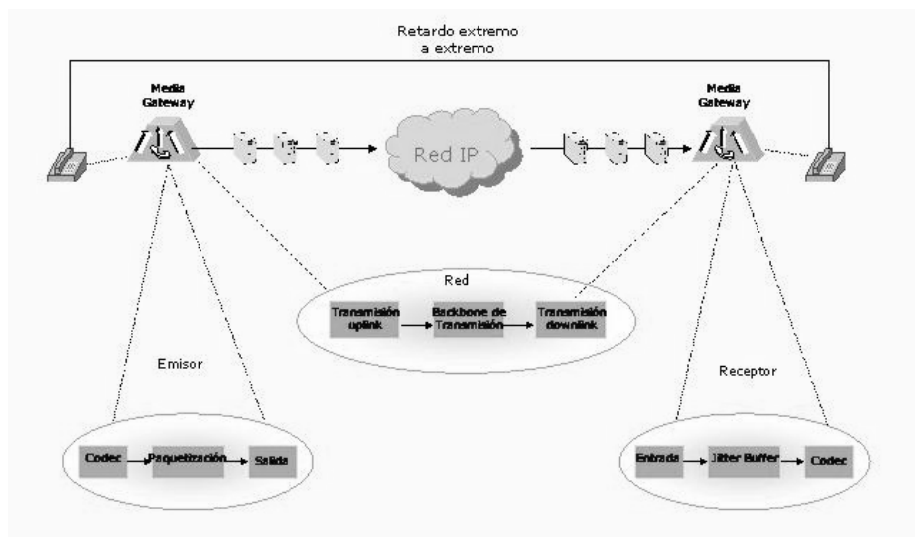
3.2.2 El retardo de extremo a extremo

También es esencial controlar el retardo de extremo a extremo. Cuando dicho retardo es de más de 150-200 milisegundos en una dirección (300-400 milisegundos de ida y vuelta), la conexión se deteriora considerablemente. Se refiere sobre todo al tiempo de tránsito total, incluido el tiempo necesario para reconstituir el orden de los paquetes cuando se reciben y para compensar las fluctuaciones de los tiempos de tránsito (este tiempo de tránsito total debe ser inferior a 400 ms si se han de respetar las limitaciones de la conversación interactiva). Los excesivos retardos punto a punto hacen conversaciones difíciles y poco naturales.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Cada componente en el camino de transmisión – emisor, red y receptor añaden retardo. La **ITU-T G.114**¹¹ (tiempo de transmisión en un solo sentido) recomienda 150 mseg. como el máximo retardo deseado en un sentido para lograr alta calidad de la voz. En la **figura 15**, se observa el efecto del retardo extremo-extremo en una red IP.

Figura 15. **Retardo extremo a extremo**



Fuente. Joel Cardozo. **Concepto de IP en las nuevas redes integradas**. Pág. 84.

¹¹ “Tiempo de transmisión en un solo sentido”, ITU-T.

El retardo causa dos problemas: eco y traslape del habla. El eco es causado por las señales reflejadas por el equipo telefónico del extremo distante que regresan al oído del hablante. El eco llega a ser un problema significativo cuando el retardo del viaje redondo llega a ser más de 50 milisegundos. A medida que el eco se incrementa, los sistemas de paquetes se ven en la necesidad de utilizar controles como la cancelación de eco. El traslape del habla (cuando dos personas hablan casi al mismo tiempo) es significativo si el retardo en una sola vía es mayor de 250 milisegundos. Por lo tanto, el retardo completo llega a ser mayor. Algunas de las fuentes de retardo en una sola vía para una llamada hecha con paquetes de voz se describen a continuación.

3.2.2.1 Retardo de procesamiento

Es causado por el procesamiento de codificación y recolección de las muestras codificadas en paquetes para la transmisión sobre una red de paquetes. El retardo de codificación es una función del tiempo de ejecución del procesador y el tipo de algoritmo usado. A menudo se recolectan múltiples marcos de codificación de voz en un solo paquete para reducir la cabecera del paquete.

3.2.2.2 Retardo de red

Es causado por el medio físico y los protocolos usados para transmitir los datos de voz y por los buffers usados para remover el *jitter* en el lado receptor. El retardo de red es una función de la capacidad de los enlaces en la red y del procesamiento que ocurre a medida que los paquetes transitan por esta.

Los buffer para *jitter* agregan retardo, que es utilizado para remover la variación de retardo a la que están sujetos los paquetes a medida que transitan en una red de paquetes.

3.2.3 El control del eco

El eco es el tiempo que transcurre entre la transmisión de una señal y su regreso al transmisor. Por lo general, este problema aparece en el contexto de las comunicaciones de PC a teléfono, de teléfono a PC o de teléfono a teléfono, y es causado por los componentes electrónicos de las partes analógicas del sistema que reflejan una parte de la señal procesada. Un eco menor que 50 milisegundos es imperceptible. Por encima de este valor, el hablante oirá su propia voz después de haber hablado. Si se desea ofrecer un servicio de telefonía IP, las pasarelas tendrán que procesar el eco generado por la transferencia de dos a cuatro hilos, de lo contrario, no será posible utilizar el servicio con equipos analógicos clásicos. Como solución, se están instalando compensadores de eco de alta calidad en la pasarela de la red. A medida que el eco se incrementa, los sistemas de paquetes se ven en la necesidad de utilizar controles como la cancelación de eco.

3.2.3.1 Compensación de eco

El eco en una red telefónica, es causado por las reflexiones de señales generadas por un circuito híbrido que convierte de 4 hilos (un par para transmisión y uno para recepción) a 2 hilos (un solo hilo para transmisión y uno para recepción).

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Estas reflexiones de la voz del hablante son escuchadas por el oyente. El eco se presenta aún en las redes de conmutación de circuitos, sin embargo acá es aceptable ya que los retardos completos a través de la red son menores que 50 ms. y el eco es enmascarado por el tono lateral que todo teléfono genera.

Existen dos (2) tipos de eco. Uno tiene alto nivel y poco retardo y se produce en el circuito híbrido de 2 a 4 hilos local; mientras que otro es de bajo nivel y gran retardo y se produce en el circuito separador híbrido remoto.

El eco es problema en una red de paquetes de voz cuando el retardo completo en la red es mayor que 50 ms, entonces se deben aplicar técnicas de cancelación de eco. El estándar **G.165**¹² de la UIT define el desempeño de los canceladores de eco. El cancelador de eco compara los datos de voz recibidos de la red de paquetes con los datos de voz que están siendo transmitidos por la red de paquetes. Se construye mediante la técnica de ecualización transversal auto adaptativa, el cual, consiste en usar una parte de la señal de transmisión para cancelar el eco producido por la desadaptación de impedancias en el circuito híbrido que convierte de 4 a 2 hilos. El eco del híbrido de la red de paquetes se remueve con un filtro digital en el camino de transmisión hacia la red de paquetes.

¹² “Compensadores de eco”. ITU-T.

3.2.4 La pérdida de paquetes

En una transmisión IP, los paquetes a veces se “pierden”. Esos paquetes pueden haberse atrasado o haber sido descartados en la red a causa de la congestión. La información faltante degrada la señal de salida, y un algoritmo de ocultamiento de pérdida de paquetes puede ser necesario para compensar las lagunas dejadas. El retardo por la red de paquetes exagera cualquier eco que pudiera presentarse. El control del eco con las características debidas en los lugares correspondientes protege contra el eco en ambos extremos. El control del eco se vuelve esencial cuando el equipo de la red de paquetes se interconecta con equipos de circuitos conmutados que trabajen con conversiones de dos a cuatro hilos o “híbridos”.

3.2.5 Jitter

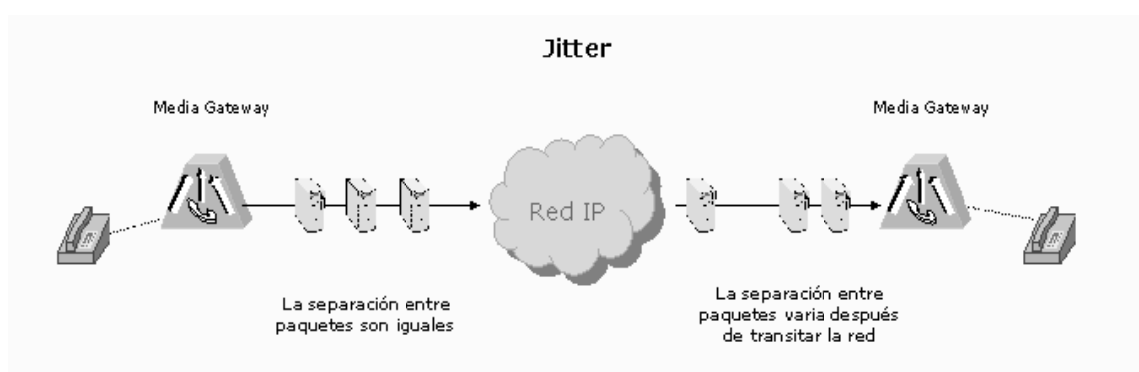
Cuantifica el efecto del retardo total en la red ocasionado por los paquetes que llegan al receptor. En la **figura 16**, los paquetes transmitidos a intervalos iguales desde el *gateway* de la izquierda llegan al *gateway* de la derecha a intervalos irregulares. El excesivo jitter hace que la voz sea entrecortada y con dificultades para entenderse. El *jitter* es calculado basado, en las horas de llegada entre paquete y paquete de los paquetes exitosos.

Para una alta calidad de voz, el promedio de las horas de llegada entre los paquetes en el receptor debería ser casi igual a la diferencia entre los paquetes en el transmisor y el estándar de desviación debería ser bajo.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

El *jitter* buffer (el buffer mantiene paquetes entrantes por una determinada cantidad de tiempo) es usado para neutralizar los efectos de las fluctuaciones de la red y crear un fácil flujo de paquetes en la recepción.

Figura 16. **Jitter.**



Fuente. Joel Cardozo. **Concepto de IP en las nuevas redes integradas.** Pág. 89.

Es también, la variación de tiempo entre los paquetes causada por la red. Remover el *jitter* requiere la recolección de paquetes y retención de estos el tiempo suficiente para que el paquete más lento llegue a tiempo para ser interpretado en la secuencia correcta.

El conflicto que se produce al querer mezclar el retardo con la supresión del jitter, ha generado varios esquemas para adaptar el tamaño del buffer de jitter a los requerimientos de variaciones de tiempo de la red. Esta adaptación tiene la meta explícita de minimizar el tamaño y retardo del buffer de jitter mientras que al mismo tiempo previene el sobre flujo del buffer causado por el jitter.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Se han hecho dos aproximaciones para adaptar el tamaño del buffer, la selección de la aproximación depende del tipo de red de paquetes usada.

La primera aproximación es medir la variación del nivel de paquetes en el buffer de jitter en un período de tiempo e incrementalmente adaptar el tamaño del buffer para que coincida con el jitter calculado.

La segunda aproximación es contar el número de paquetes que llegan tarde y crear una relación de estos paquetes al número de paquetes que son procesados exitosamente. Esta relación es usada para ajustar el buffer de jitter a una relación permisible de paquetes tardíos predeterminada. Esto funciona mejor con redes que tengan intervalos de arribo de paquetes altamente variable, como las redes IP. Además de estas técnicas, la red debe estar configurada y gestionada para que tenga retardos y jitter mínimos, permitiendo así un alto QoS.

Para la integración en la parte de red de nueva generación, los aspectos relacionados con la QoS, son de suma importancia, ya que se requiere que la calidad de la voz se mantenga igual, o lo más parecida posible, que en la red telefónica conmutada, de forma que para los usuarios sea transparente la migración del medio de transporte.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

4. REDES DE NUEVA GENERACIÓN

La tecnología básica actual de los conmutadores de circuitos ha evolucionado lentamente si la comparamos con la velocidad asociada a la industria de los ordenadores. Los conmutadores de circuitos son elementos altamente fiables de la infraestructura de la RTC, sin embargo, nunca se optimizaron para datos. Por este motivo, al tener más tráfico de datos que fluye a la red pública vía internet, se ha evidenciado que se requiere un enfoque más orientado a los datos para el diseño del conmutador del futuro. Su arquitectura debe estar basada en tecnología de paquetes, permitiendo el transporte común de voz y datos.

El concepto de **Red de Nueva Generación**, de aquí en adelante **RNG**, se ha introducido para tener en consideración las nuevas realidades en la industria de telecomunicaciones, caracterizadas por factores tales como: competencia entre operadores debido a la desregulación en curso de los mercados, explosión del tráfico digital, (como el internet), demanda creciente de nuevos servicios multimedia, demanda creciente de una movilidad general, convergencia de redes y servicios, etc.

4.1 Definición

Según **Telcordia**¹³, es un transporte y conmutación a alta velocidad para voz, fax, datos y video, de forma integrada usando una red basada en paquetes.

Según la **IEC**, es la combinación sin obstáculos de las PSTN y las PSDN, creando una única red multiservicios. Esta arquitectura de próxima generación impulsara las funcionalidades de las centrales de conmutación hacia el borde de la red.

Según la **ETSI**, es un concepto para la definición y despliegue de redes. Con una separación formal entre diferentes capas y planos con interfaces abiertos, que ofrece a los proveedores de servicio una plataforma sobre la que pueden evolucionar paso a paso para crear, desplegar y gestionar servicios innovadores.

Según la **UIT-T**, es una red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la **QoS**, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte.

¹³ Ver Anexo I.

Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios.

4.2 Descripción de las RNG

Según el Grupo de Estudio 13 de la UIT-T (Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones), en su Recomendación **Y.2001**¹⁴ las características más relevantes que distinguen a las redes de nueva generación de las redes de telecomunicaciones tradicionales son las siguientes:

- Es una red de paquetes. En particular IP será el principal, sino el único, protocolo de **nivel 3**¹⁵ para la RNG. El paquete IP será la unidad de transporte de datos fundamental para todo tipo de medio.
- La RNG debe hacer uso de tecnologías de transporte con capacidades de calidad de servicio y de banda ancha, para ofrecer diferentes niveles de QoS según los requerimientos de los diversos tipos de tráfico.

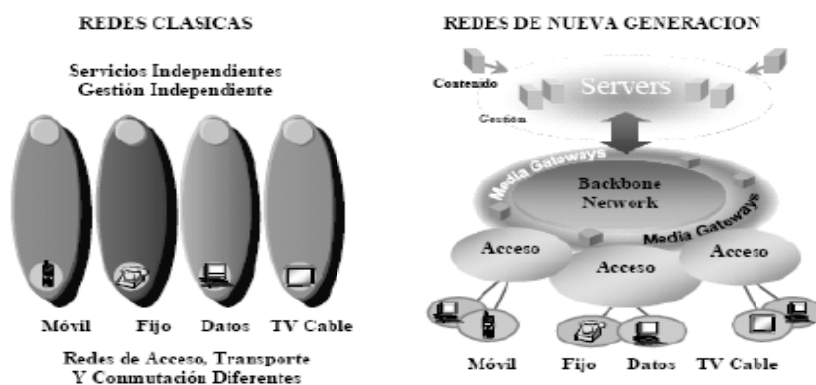
¹⁴ “Visión general de las redes de próxima generación”. Recomendación Serie Y. UIT-T.

¹⁵ Capa de Red según el modelo OSI.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Separación entre las funciones relacionadas con el servicio y las tecnologías de transporte. Esta división es importante porque permite que los servicios sean inaccesibles a la tecnología de red y acceso subyacente, pudiendo evolucionar cada uno de forma independiente. Similarmente, la RNG permite la migración desde las redes actuales, verticalmente separadas y específicas para diferentes servicios, hacia una única red capaz de ofrecer y transportar todos los servicios, como se muestra en la **figura 17**. Esto implica que los sistemas de gestión y facturación también estarán integrados, con los correspondientes ahorros en costos y recursos.

Figura 17. **Comparación de redes clásica vs. RNG**



Fuente: **Estudio Integral de Redes de nueva generación y convergencia.**

- Soporta movilidad generalizada, la cuál permitirá ofrecer servicios permanentes a todos los clientes, además de permitir servicios convergentes fijo-móviles.

4.3 Arquitectura de la RNG

Una RNG se caracteriza esencialmente por la separación de las funciones de transporte y de control, además, por el hecho de que la primera se basa en la tecnología de paquetes.

El objetivo de esta arquitectura es construir una red convergente donde la voz y los datos compartan la misma infraestructura de transporte. Otra meta de esta arquitectura es abrir el camino a una nueva generación de servicios. En una red clásica con tráfico de aplicaciones de datos y de valor agregado como la voz o el video, existe una frontera definida que separa dos dominios diferentes:

- Dominio de sistemas TDM
- Dominio de sistemas IP

Los sistemas TDM constituyen el grupo de centrales de conmutación que agregan tráfico desde los abonados hacia el resto de las etapas. Los sistemas IP constituyen el grupo de centrales de conmutación que también agregan tráfico desde los abonados cuyo elemento básico es el paquete de datos hacia el resto de las etapas en lo que es conocido como capa de transporte. Cuando ambos sistemas funcionan en forma simultánea y autónoma tendremos los sistemas independientes para los servicios digitales básicos de voz y otro para los servicios digitales de datos.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

De la misma forma, cuando interactúan mutuamente mediante dispositivos denominados enrutadores con interfaces hacia la RTC, tendremos los servicios de datos sobre redes conmutadas públicas. En estas redes clásicas se tienen algunos servicios, pero cada sistema que lo compone maneja una arquitectura propia e independiente, que impide el tratamiento y administración global de la información de extremo a extremo.

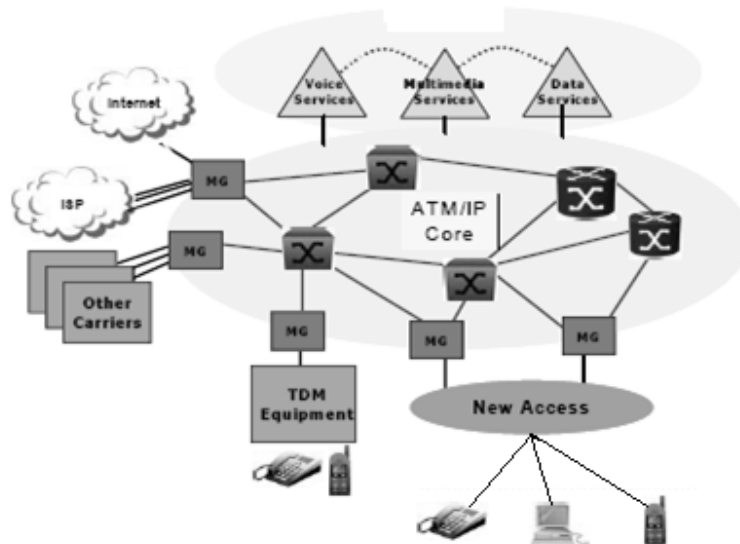
Asimismo, los sistemas de facturación, asignación, gestión de los servicios, y los del manejo de la calidad de servicio por lo general son esencialmente independientes y autónomos dentro de cada dominio. Por el contrario en las RNG existe un único elemento básico que es el paquete de información y todo el sistema está diseñado para su administración, acceso, transporte y conmutación de extremo a extremo y basado en una única tecnología.

La RNG está concebida para tratar tanto sea paquetes de voz, como de datos o de video en forma totalmente transparente en una arquitectura única de extremo a extremo. Adicionalmente, la facturación, la asignación y gestión de servicios, el manejo de la calidad de servicio y la planificación de la red se realiza sobre un sistema completo único para el dominio.

En la **figura 18**, se muestra una arquitectura NGN de red convergente de voz y datos. La arquitectura puede descomponerse en varias capas: conectividad de núcleo, acceso, equipo del cliente y gestión.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 18. **Arquitectura convergente de voz y datos.**



Fuente: **Estudio Integral de Redes de nueva generación y convergencia.**

4.3.1 Capa de gestión

Esta capa, esencial para minimizar los costos de explotar una RNG, proporciona las funciones de administración de los servicios y de la red. Permite la provisión, supervisión, recuperación y análisis del desempeño de extremo a extremo necesarios para dirigir la red.

4.3.2 Capa de conectividad

La capa de conectividad de núcleo proporciona el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de ésta al otro. Está basada en la tecnología de paquetes IP y ofrece un máximo de flexibilidad, garantizando la transparencia y la calidad del servicio (QoS) en cualquier caso, ya que el tráfico de los clientes no debe ser afectado por perturbaciones de la calidad, tales como las demoras, las fluctuaciones y los ecos.

Al borde de la ruta principal de paquetes están las denominadas pasarelas o *gateway*, el cual, su función principal es adaptar el tráfico del cliente y de control a la tecnología de la RNG. Las pasarelas se interconectan con otras redes, en cuyo caso son llamadas **pasarelas de red**, o directamente con los equipos de usuarios finales, en cuyo caso se las denomina **pasarelas de acceso**. Las pasarelas interfuncionan con los componentes de la capa de servicio, usando protocolos abiertos para suministrar servicios existentes y nuevos.

4.3.3 Capa de acceso

La capa de acceso incluye las diversas tecnologías usadas para llegar a los clientes. En el pasado, el acceso estaba generalmente limitado a líneas de cobre a través de canales **DS1/E1**. En las RNG se observa una multiplicidad de tecnologías que han surgido para resolver la necesidad de un ancho de banda más alto, y para brindar a las empresas competidoras de comunicaciones un medio para llegar directamente a los clientes.

Los sistemas de cable, xDSL e inalámbricos se cuentan entre las soluciones más prometedoras que están creciendo e introduciendo innovaciones rápidamente.

4.3.4 Equipo del cliente

El equipo del cliente, ya sea de su propiedad o arrendado, proporciona la adaptación entre la red de la empresa explotadora y la red o equipo del cliente. Puede tratarse de un simple teléfono, pero podemos apreciar una migración progresiva hacia dispositivos inteligentes que pueden trabajar con servicios tanto de voz como de datos.

4.4 Arquitectura funcional

4.4.1 Softswitch

El elemento esencial dentro de la RNG es el *Softswitch*, el cual es un dispositivo que provee control de llamada y servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes. Un *Softswitch* sirve como plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios. Son capaces de transportar tráfico de voz, datos y vídeo de una manera más eficiente que los equipos existentes, habilita al proveedor de servicio para soporte de nuevas aplicaciones multimedia integrando las existentes con las redes inalámbricas avanzadas para servicios de voz y datos.

Este se basa en una combinación de software y hardware que se encarga de enlazar las redes de paquetes (ATM o IP) y las redes tradicionales, las cuales desempeñan funciones de control de llamadas tales como conversión de protocolos, autorización, contabilidad y administración de operaciones. Esto significa que los *softswitch* buscan imitar las funciones de una red de conmutación de circuitos para conectar abonados (**clase 5**), interconectar múltiples centrales telefónicas (**clase 4**) y ofrecer servicios de larga distancia, de la misma manera como lo hacen las centrales telefónicas actuales.

Un *softswitch* puede consistir en uno o más componentes, sus funciones pueden residir en un sistema o expandirse a través de varios sistemas. A continuación se mencionan los componentes más comunes en un *softswitch*.

4.4.2 Controlador de pasarelas

Es la unidad funcional del *Softswitch*. Mantiene las normas para el procesamiento de llamadas, por medio del *Media Gateway* y el *Signalling Gateway* los cuales ayudan a mejorar su operatividad. El responsable para ejecutar el establecimiento y desconexión de la llamada es *Signalling Gateway*. Frecuentemente esta unidad es referida como *Call Agent* o *Media Gateway Controller*. Algunas veces el *Call Agent* es referido como el centro operativo del *Softswitch*. Este componente se comunica con las otras partes del *Softswitch* y componentes externos usando diferentes protocolos.

4.4.3 Pasarelas de señalización

Sirve como puente entre la red de señalización SS7 y los nodos manejados por el *Softswitch* en la red IP.

4.4.4 Pasarela de medios

Actualmente soporta TDM para transporte de paquetes de voz al *switch* tradicional. Las aplicaciones de codificación de voz, decodificación y compresión son soportadas, así como las interfaces **PSTN** y los protocolos **CAS** y **ISDN**. Se lleva a cabo investigaciones para el soporte en el futuro de los paquetes de vídeo.

4.4.5 Servidor de medios

Mejora las características funcionales del *Softswitch* si es requerido soporta *Digital Signal Processing (DSP)* así como las funcionalidad de **IVR**.

4.4.6 Servidor de facturación

Controla los datos para la generación de la facturación, usa los recursos y los servicios localizados en los componentes del *Softswitch*.

4.4.7 Controlador de sesiones de frontera (SBC)

Debido a las diversas aplicaciones basadas en IP existentes hoy en día, los proveedores de servicio están buscando una forma económica y eficiente para interconectar directamente sus redes, tanto con el cliente como con otros proveedores. Este objetivo ha creado la necesidad del Controlador de Sesiones de Frontera (**SBC**), para ayudar con el control y administración de las sesiones de comunicaciones multimedia en las interconexiones de las redes IP. En los comienzos de la VoIP, las redes de paquetes de voz existían aisladas una de otras, interconectadas principalmente a la RTC para completar las llamadas. Finalmente, las empresas de servicio buscaron establecer una relación directa entre estas redes, y para eso instalaron *media gateways*. Aunque esta arquitectura fue funcional, introdujo nuevos problemas por la repetida codificación y decodificación en los *media gateways* reduciendo la seguridad en ambas redes.

Los SBC fueron introducidos para reemplazar los *media gateway* y permitir interconexiones IP nativas entre las redes de VoIP. Aunque los SBC se enfocaron solo a la voz, controlando y administrando las sesiones de VoIP en tiempo real en las fronteras de redes IP. Los SBC reducen las interconexiones TDM, mejorando la calidad de la voz y minimizando el gasto operacional, mientras interconectan redes IP de una forma segura.

Hoy en día los SBC permiten a las empresas acceder a un amplio rango de aplicaciones sobre las conexiones de redes para incrementar en tamaño, número y complejidad.

También proveen una amplia seguridad a la red y ayuda a las empresas a capitalizar de mejor manera los servicios que funcionan a través de sus redes, para esto, los operadores deben cumplir con ciertas directrices regulatorias legales, como los acuerdos de nivel de servicio (**SLA's**) con clientes. Los SBC se colocan en diversos lugares de la red, delimitando siempre las redes IP de los proveedores de servicio con las redes convergentes de otras empresas.

4.4.7.1 Funciones del SBC

Estos equipos ejecutan una variedad de funciones administrando las rutas de señalización y datos para una sesión multimedia, y típicamente tienen capacidad de:

- **Conectividad:** Los SBC proporcionan traducción de direcciones de red (**NAT**) para la frontera de la red IP de los proveedores o clientes para la transmisión de datos través de sus redes mientras protegen información de la dirección de la red para otras redes no confiables.
- También realizan traducción señalización e *interworking* entre los protocolos utilizados en las redes IP, incluyendo SIP, H.323, MGCP, H.248¹⁶ y otros.

¹⁶ Ver anexo II.

- **Seguridad:** Los SBC ejecutan una variedad de funciones de seguridad, incluyendo “*firewalls*” para la señalización y datos, topología de protección de la red, autenticación, prevención de rechazo de servicio (**DoS**) y encriptación de señal y datos.
- **Políticas y control de QoS:** Los SBC soportan Control de Admisión de Llamada (**CAC**) controlando los recursos, utilizando políticas para que la red pueda decidir respecto al ancho de banda disponible antes de establecer una sesión de voz o video. También pueden marcar los tipos de servicio (**ToS**) para asegurar la prioridad de los diferentes tipos de sesiones multimedia en tiempo real. Pueden también rastrear parámetros de QoS y establecer políticas por sesión.
- **Tarificación:** Los SBC soportan autenticación, autorización y tarificación (**AAA**) y extraen información detalladas por sesión para tarificación y registros de llamadas (**CDR**).

4.4.7.2 Interconexión Proveedor-Proveedor

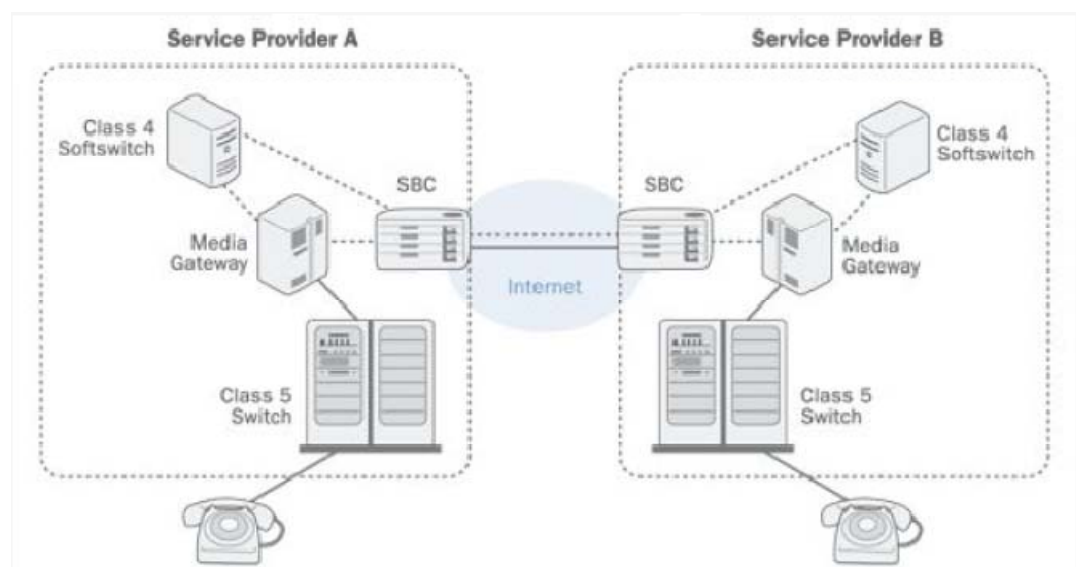
Una de las principales aplicaciones comerciales de VoIP involucra a los proveedores de servicio desviando los cargos de llamadas TDM hacia otras redes IP en base a acuerdos comerciales. A la vez, la mayoría de operadores de llamadas larga distancia basadas en TDM y muchos operadores de VoIP surgieron ofreciendo tarifas reducidas para llamadas internacionales.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Estos operadores utilizan SBC para interconectarse con otros operadores de nueva generación utilizando VoIP y el protocolo H.323. Como resultado, las interconexiones TDM están disminuyendo, así como estos operadores están incrementando las interconexiones a las redes IP. Además, muchas de las actuales redes H.323 de VoIP deben interconectarse al creciente número de redes de VoIP diseñadas alrededor del protocolo SIP.

En la **figura 19** se observa la función del SBC dentro de cierta topología de red entre dos operadores, para enviar y recibir tráfico de voz sobre IP de un operador a otro, entre las centrales Clase IV o Clase V, mediante los *gateway* o pasarelas de voz.

Figura 19. **Interconexión SBC en redes IP – TDM**



Fuente. **SEGURIDAD E INTERCONEXIÓN EN REDES VOIP.** www.quobis.com.

4.5 Tipos de RNG

Los tipos de RNG puede ser de diferentes formas y cada operador debe adaptarse según su caso particular. Estas pueden ser:

- RNG de Tránsito Clase IV
- RNG de acceso Clase V
- RNG Multimedia (IMS: IP Multimedia System)

Las centrales **Clase IV** son utilizadas para comunicaciones de larga distancia, ya sea nacional o internacional, para conexión con otros operadores de telefonía o plataformas de servicios de valor agregado. Mientras que la función principal de las centrales **Clase V** es el manejo de llamadas locales, es decir, dentro de cierta área limitada de cobertura. Entonces, podemos decir que una central Clase IV es una central intermedia o de interconexión entre una llamada originada de cierta población y el destino final de la misma.

Nuestro estudio se centrara en la descripción de una RNG Clase IV, debido a las necesidades inmediatas de la red actual y que es nuestro punto de partida para la migración de las redes de telefonía tradicional. Dentro de las variantes de migración de centrales Clase IV tenemos:

- Modo híbrido
- RNG sobre TDM
- Completamente IP

4.5.1 Modo híbrido

El modo **Híbrido** es el modelo donde el núcleo de conmutación está soportado por un *backbone* IP dedicado, garantizando calidad de servicios y seguridad en la red. Se adopta la arquitectura abierta de la RNG, como se muestra en la **figura 20**.

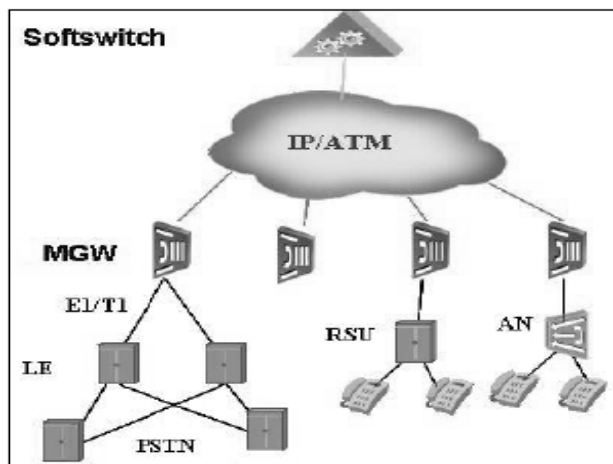
Donde el *Softswitch* controla los *Media Gateways* a través de protocolos estándares y habilita la introducción de los servicios de valor agregado. La capa de acceso presenta equipamiento TDM y son completamente utilizados los recursos existentes en este nivel, así como los de transmisión. De esta forma se preservan las inversiones anteriormente realizadas. Este modo no interfiere con los servicios existentes, es muy flexible y fácil de desplegar. Se logra una alta calidad de voz, igual que la alcanzada con tecnología puramente TDM. Dentro de las razones para comenzar con soluciones de Modo Híbrido, están las siguientes:

Es la solución más práctica en la situación actual de muchos operadores:

- Minimiza los costos de migración, se protegen todas las inversiones.
- Migración suave a los estándares de la RNG.
- Pequeño impacto en la red existente en la migración.
- Se introducen las ventajas de la RNG.
- Se introduce de manera limitada IP con el cual se garantiza QoS y alta seguridad en la red.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 20. **Modo híbrido.**



Fuente. **ESTRATEGIAS PARA LA MIGRACIÓN HACIA LA RNG.** www.cujae.edu.cu.

4.5.2 **Modo RNG sobre TDM**

La RNG sobre TDM se diferencia del modo anterior por emplear como núcleo de conmutación las redes basadas en conmutación de circuitos, por ejemplo SDH. Es adecuada su implementación cuando no se dispone de los recursos y condiciones de la red IP. Se protegen las inversiones de los recursos SDH/E1, la red de acceso, pares de cobre, locales de equipamiento y potencia. La arquitectura de referencia para este modo se muestra en la **figura 21**.

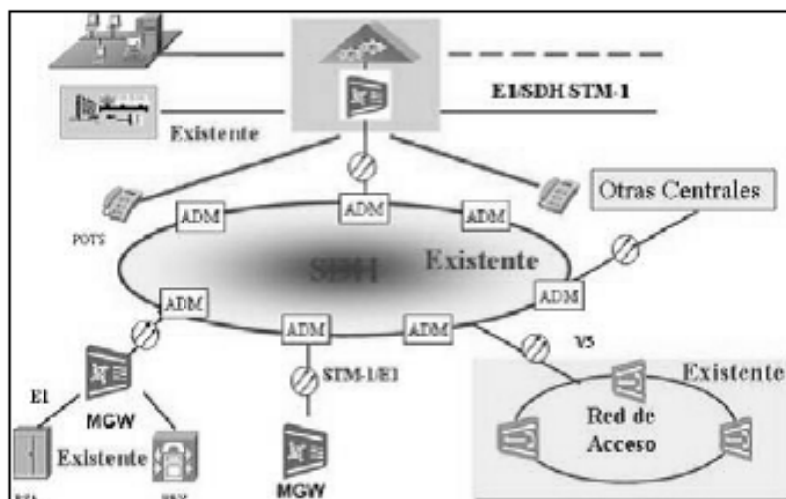
Dentro de las razones para comenzar con soluciones RNG sobre TDM, están las siguientes:

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Es el paso primario para empezar la migración.
- El operador no cuenta con una red de paquetes ATM o IP.
- Están completamente utilizados los recursos de transmisión.
- Necesitan ser remplazados pocos locales de conmutación.
- El operador aún desconfía de las fortalezas de las redes IP y tiene reservados planes futuros para la construcción de una red de paquetes basada en este protocolo.
- El operador no quiere perderse todas las ventajas implícitas de la NGN.
- Minimizar el impacto en la red existente.
- Forma de evolucionar los conmutadores TDM.
- Aplicación puramente de conmutación, limita las ventajas de la NGN, no se recomienda siempre que se pueda utilizar otra variante.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 21. Modo RNG sobre TDM.



Fuente. **ESTRATEGIAS PARA LA MIGRACION HACIA LA RNG PARA CONMUTADORES LOCALES.** www.cujae.edu.cu.

4.5.3 Modo completamente IP

Presenta una red unificada y convergente basada completamente en IP, con alta integración de servicios. La red queda con una estructura muy simplificada, presentando bajos costos en operación y explotación. Dentro de las razones para comenzar con soluciones completamente IP, están las siguientes:

- Debe tener como premisa que la red IP/ATM tenga completa cobertura.
- Núcleo portador de la red IP.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Cruza el área de operación y centra los esfuerzos en el sector residencial o edificios de oficinas, basándose en IP.
- Hace más flexible el trabajo en la red y su despliegue.
- Servicios integrados y convergentes.
- Fácil de planificar la red.

Limitaciones

- Altos costos en comparación con otras variantes.
- Difícil de integrar con la red actual.

Aún quedan algunos aspectos en relación a la operación de la red, por ejemplo, la asignación de las direcciones IP, el modelo de negocios, el esquema de numeración, estructura y la distribución de la operación y mantenimiento, los cuales pueden ser tema de otra investigación. Entonces, podemos resumir la transición de las RTC hacia las RNG en dos tipos:

RNG Clase IV

- Asociado únicamente con la evolución de las redes de transporte a RNG.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Las centrales de conmutación de tránsito se reemplazan/migran a RNG.
- Las centrales Locales existentes soportan usuarios que permanecen intocables en tecnología TDM (Acceso).
- Se puede entender como una evolución parcial.

RNG Clase V

- Crecimiento del tráfico en la RTC.
- Reemplazo de los Clase 5.
- Voz sobre DSL / Voz sobre la red de cable.

4.6 Evolución de la RTC hacia la RNG

El requerimiento de parte de los usuarios de la red telefónica tradicional, por nuevos y mejores servicios conduce a una constante evolución en el sector de las telecomunicaciones. Esta evolución implica que los operadores deben innovar continuamente su oferta de servicios y redes con el fin de satisfacer estas necesidades de sus clientes.

La utilización de la red telefónica para acceder a internet y la posibilidad de transportar voz por una red de paquetes tipo IP, nos lleva a examinar la posibilidad de la convergencia entre estos dos tipos de red. Esta convergencia de servicios, aplicaciones y dispositivos impulsa la tendencia, donde el cliente espera cada vez más y mejores servicios, a un costo competitivo. Las redes de nueva generación constituyen un concepto que permite avanzar hacia la consecución de este objetivo.

4.6.1 Requerimientos

Dentro de los factores clave o requerimientos mas importantes en la toma de decisión para la migración de un operador tradicional a las redes de nueva generación, podemos mencionar los siguientes:

- **Continuidad del negocio**, necesaria para mantener los servicios dominantes en curso y los clientes que requieren calidad de servicio.
- **Flexibilidad**, para incorporar los nuevos servicios y los que aparecen en tiempo real (principal ventaja del modo IP).
- **Rentabilidad**, que permita un retorno sobre inversiones factibles y dentro de los márgenes de las mejores prácticas del mercado.
- **Supervivencia** que permita asegurar el servicio en caso de fallos o eventos externos inesperados.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- **Calidad de Servicio**, para garantizar los **Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA)** para las diferentes mezclas de tráfico y sobrecarga.
- **Interoperabilidad** entre redes que permita cursar servicios extremo a extremo para flujos a través de diferentes dominios de red.

Hoy en día, los mayores ingresos de los operadores de red son, sin duda, los derivados de los servicios de voz. Sin embargo, en los últimos años, la competitividad creciente ha dado como resultado un declive gradual en los beneficios de estos servicios. Aunque los ingresos debidos a estos servicios son todavía dominantes, los operadores se enfrentan al hecho de soportar más minutos de llamada con menos beneficio asociado.

Especialmente en los países con llamadas locales medidas, esta pérdida de ingresos estaba de alguna manera compensada por los ingresos provenientes del uso extensivo de acceso Internet “*dial up*”, a través de la RTC.

Dado que los ingresos debidos a la voz tienden a seguir decreciendo y la tarifa plana de acceso a Internet se está imponiendo, los operadores están teniendo que pensar en otros medios para compensar estas pérdidas. Por consiguiente, los operadores tradicionales deben buscar nuevos servicios avanzados y aplicaciones que les permitan retener e incluso extender su base de clientes y, de esta manera, mantener altos beneficios. Las oportunidades de servicio más interesantes residen en una variedad de aplicaciones que integran servicios de telefonía, datos Internet y/o vídeo en la propia aplicación.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Es previsible que un operador de red que no haya invertido en RNG generará considerablemente menos beneficios que un operador de red que sí lo haya hecho.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

5. CRITERIOS GENERALES PARA LA MIGRACIÓN

Este capítulo se centrará exclusivamente en dar a conocer los criterios necesarios para identificar la necesidad de migrar las redes de telefonía clásica a redes de nueva generación, comenzando por las centrales de tránsito **Clase IV**, las cuales juegan un papel primordial en la red telefónica conmutada, para el correcto manejo del tráfico de voz.

5.1 Situación del operador antes de la migración

Las variantes de migración hacia RNG en el caso de las centrales Clase IV, están vinculadas a los operadores con limitadas capacidades de crecimiento y altos costos de operación, por poseer equipamiento atrasado que esté a punto de no ser fabricado más. También pudieran presentarse en estos casos altos gastos en espacio, fuerza de trabajo y potencia consumida por los equipos. Además este tipo de operador solo puede ofrecer a sus clientes servicios básicos y se le dificulta introducir los nuevos servicios de valor agregado.

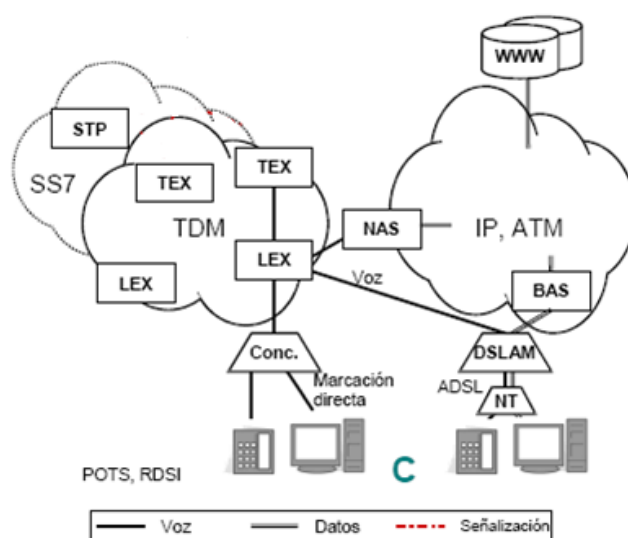
La red telefónica conmutada actual, es la encargada de transportar todo el tráfico de voz TDM, a través de las centrales **Clase IV** y **Clase V** (con abonados) y de la red de señalización **SS7**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Para los servicios de valor agregado, como la tarjeta de llamada prepago, llamada gratuita y con recargo, así como los servicios empresariales como el centrex y las redes privadas virtuales, son manejados dentro de los conmutadores existentes o bien a través de redes inteligentes, que en nuestro país no se utiliza.

Se maneja el tráfico de internet a través de equipos **DSLAM** ubicados en nodos separados con tecnología **ADSL** y *splitter* del lado del usuario, o también vía *dial-up*, por medio de servidores de acceso. Esta topología, de manera general, se aprecia en la figura 22.

Figura 22. Topología de la RTC para voz e internet.

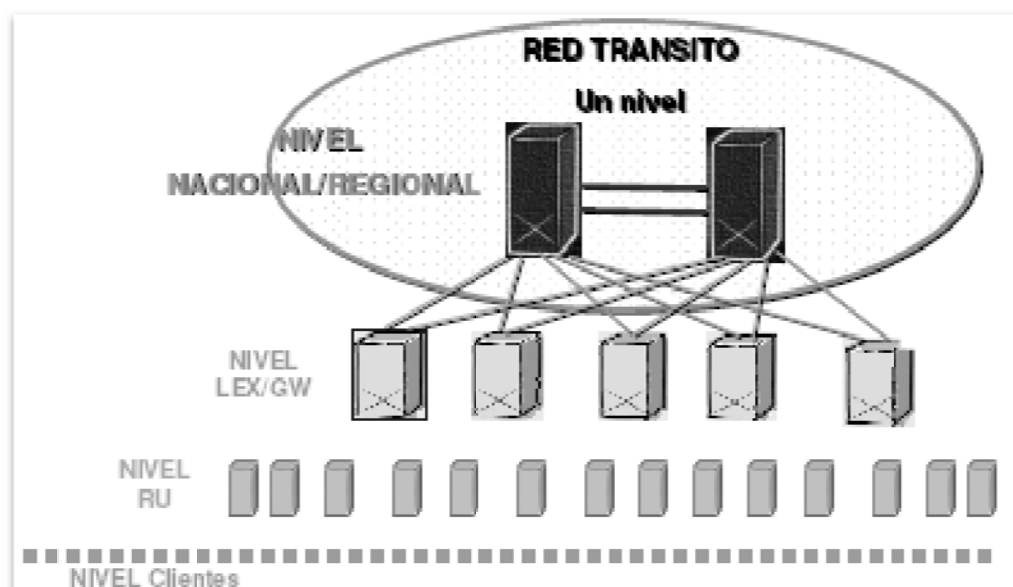


FUENTE: Informe esencial sobre telefonía IP. UIT. Pág. 20.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Las centrales telefónicas Clase IV de Guatemala actualmente son de conmutación de circuitos puramente **TDM**, y utilizan tecnología **SDH** para la parte del transporte o core, dentro de una estructura caracterizada por estar dividida en jerarquías, como se muestra en la figura 23:

Figura 23. **Jerarquía de la red telefónica conmutada.**



FUENTE: **Migración de redes clásicas a RNG. UIT. Pág. 11.**

En esta red podemos observar que tiene 4 niveles de jerarquía, el nivel nacional o interurbano, nivel local o metropolitano, nivel remoto y por último el nivel de los clientes.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Cada central local esta interconectada directamente a las centrales de tránsito, mediante enlaces **E1**¹⁷ y se comunican a través de la señalización **No. 7**, descrita en capítulos anteriores. Estas centrales Clase IV, tienen la función de tránsito internacional, tránsito nacional y **PTS** (punto de transferencia de señalización).

La central de tránsito ha evaluar en este estudio, tiene las siguientes características: Maneja **1512 E1**'s con interfaces eléctricas a nivel de **2Mb/s**, soporta señalización No. 7, R2 y No.5 para enlaces internacionales.

Es importante realizar una evaluación de los factores que a continuación se describen, antes de tomar la decisión de cambiar la tecnología de conmutación de circuitos, que hasta el momento todavía sigue siendo rentable, a conmutación de paquetes, para lograr una solución única técnicamente optimizada de acuerdo a los requerimientos del operador, para el manejo del trafico TDM e IP nacional e internacional con un equipo que sustituya las funcionalidades que actualmente desempeñan los nodos de tránsito TDM.

¹⁷ Interfaz estándar ETSI-ISDN PRI 2.048 Mbps.

5.2 Etapas para la migración a RNG

En los mercados con un gran crecimiento de los servicios vocales tradicionales, las redes telefónicas existentes necesitarán considerables ampliaciones para poder cubrir la demanda de nuevas líneas o también en el caso contrario, en el que el crecimiento de la red fija se ve limitado debido al auge de la telefonía móvil y del internet. De cualquier forma, los proveedores de servicios establecidos tendrán que decidir cómo ampliar sus redes para no quedarse rezagado respecto a la competencia, aplicando soluciones tradicionales con conmutación de circuitos o la arquitectura de red distribuida, con una capa de transporte común basada en paquetes para voz y datos.

Para que esto pueda ser una realidad, tendrán que tenerse en cuenta muchos aspectos como la consolidación, expansión y migración de la red de una forma que sea específica para cada operador. No obstante, se puede concebir un método¹⁸ genérico por etapas, como el que se indica a continuación:

- **Etapas 1:** utilización de la red TDM actual para el acceso a la telefonía vocal y a Internet.
- **Etapas 2:** consolidación de equipos de conmutación y acceso.

¹⁸ Método genérico según "Informe esencial sobre Telefonía IP". ITU-D.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- **Etapa 3:** introducción de la tecnología de voz por paquetes para los circuitos interurbanos e internacionales.
- **Etapa 4:** introducción de la telefonía de voz por paquetes en el acceso y en el equipo del cliente.
- **Etapa 5:** servicios multimedios y nuevas aplicaciones.
- **Etapa 6:** Sustitución de la infraestructura tradicional por fin de vida útil y migración a una señalización IP total.

Las etapas anteriores son genéricas en el sentido de que no son obligatorias para cada caso de operador específico, dependiendo en gran medida de la situación y topología de la red. De cualquier manera, son interesantes ya que ponen de relieve las principales etapas de evolución de las redes que pudieran realizarse en los siguientes años.

5.2.1 Factores importantes

Entre los factores principales para iniciar esta evolución de la red para las empresas de telefonía, tenemos las siguientes:

- El aumento de **nuevos servicios e ingresos** por los servicios multimedia.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Compensación en la reducción de ingresos por voz e incremento de negocio en banda ancha.
- **Reducciones de coste** por la convergencia de las redes y los sistemas.
 - Los ahorros son función del escenario de red, el estado de modernización de los equipos y la velocidad de crecimiento de los clientes.
- **Simplificación de la operación y mantenimiento**, que reduce los gastos de funcionamiento de la red (OPEX).
 - Integración de las plataformas de operación, mantenimiento y formación.

El operador debe tener siempre en cuenta estos factores clave que pueden afectar el correcto desenvolvimiento de las RNG, además de asegurar los siguientes parámetros:

- Continuidad de servicios para los clientes existentes.
- Introducción de nuevos servicios basada en la rentabilidad.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Inter-operación con las redes de conmutación de circuitos existentes y las redes de otros operadores.

- Calidad de Servicio (QoS) para los servicios garantizados y los grandes clientes de negocios.
- Políticas tarifarias como función de la demanda de mercado y el consumo de recursos.
- Garantizar el acceso a los servicios básicos e Internet.

5.3 Criterios utilizados

Como se mencionó anteriormente, la decisión de migrar o no hacia una red de nueva generación depende de la situación actual del operador involucrado, aunque debido a la tendencia mundial de utilizar el protocolo IP para el transporte de voz, es un paso casi obligatorio. En este caso de estudio se comenzara utilizando las 3 primeras fases.

De acuerdo a la etapa 1 del método genérico de migración descrito, para dar inicio a la migración a RNG se debe contar con una red telefónica para el transporte de la voz e internet, controlados por una jerarquía de centrales locales (Clase V) y de transito (Clase IV), aspecto que está incluido dentro de la topología actual de la red. Asimismo, la red de señalización No. 7 es la encargada de manejar toda la señalización relacionada con la voz entre las centrales mencionadas.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

En cuanto al servicio de internet, debido al creciente número de usuarios, se está brindando conectividad a los proveedores de servicio de internet (ISP) mediante los servicios de marcación directa de banda estrecha (*dial up*) o a través de la introducción de ADSL de banda ancha (con la voz separada como un servicio extra).

En la etapa 2, se considera la consolidación de los equipos de conmutación y acceso, con esto se refiere a la optimización de la RTC instalada a fin de reducir los gastos de capital (CAPEX) y los gastos de funcionamiento (OPEX). En los momentos actuales, el operador establecido debe afrontar una fuerte inversión para incrementar la red establecida, tanto en equipos de conmutación como de transporte y equipos de acceso, para poder solventar los requerimientos de los abonados que van en aumento, tanto a nivel local como de larga distancia.

Desde el punto de vista técnico y económico, lo más recomendable es sustituir los equipos existentes por equipos preparados para “redes de nueva generación”, lo anterior con la idea de ampliar los servicios existentes y generar otros nuevos y novedosos para satisfacer la demanda de los usuarios.

La instalación de centrales locales y de tránsito, de gran capacidad con interfaces de transmisión de alta velocidad, ayudaran a reducir los gastos de funcionamiento del operador establecido, facilitando el despliegue de nuevos servicios, además de tener la opción de convertir las centrales existentes de menor capacidad en concentradores adicionales para dar servicios a lugares distantes.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

En la etapa 3, la opción del operador dominante es la de descargar el tráfico de voz larga distancia nacional de su red TDM, también pueden aplicar algunos operadores de larga distancia internacional que ya manejan voz en paquetes.

Para la red evaluada, los factores determinantes más importantes a evaluar para iniciar el proceso de migración a la red de nueva generación, se pueden resumir en los siguientes:

- Fin de vida útil de las centrales de conmutación actuales.
- Espacio físico.
- Consumo de energía.
- Tráfico interurbano e internacional.

Cada uno de estos puntos juega un papel primordial en la toma de decisiones para migrar de una red de conmutación de circuitos a una red de nueva generación.

5.3.1 Fin de vida útil

La central analizada en este trabajo es una central de tránsito **Clase IV** de conmutación de circuitos, de tecnología **Ericsson AXE**, ubicada en el centro de la ciudad de Guatemala. Esta central tiene la función de interconectar las distintas centrales locales, de diversos proveedores, transportando el tráfico telefónico nacional, larga distancia nacional e internacional, a través de rutas directas y de rutas de tránsito¹⁹. Desde su instalación, a finales de **1,999**, ha cumplido satisfactoriamente sus funciones, pero en estos momentos su capacidad de procesamiento de llamadas está llegando al límite arriba de un **80%** de ocupación en horas de más alto tráfico telefónico en un día normal, lo cual pone en riesgo la completación de las conversaciones, ya que los días festivos, que son los días de más alto tráfico, pueden perder la continuidad de los servicios para los clientes así como degradar la calidad de servicio ofrecida, debido a congestión en sus rutas de interconexión.

En la siguiente página se puede observar la figura 24, en donde podemos apreciar el porcentaje de carga del procesador de la central que estamos evaluando, con mediciones de 24 horas de 2 días de alto tráfico.

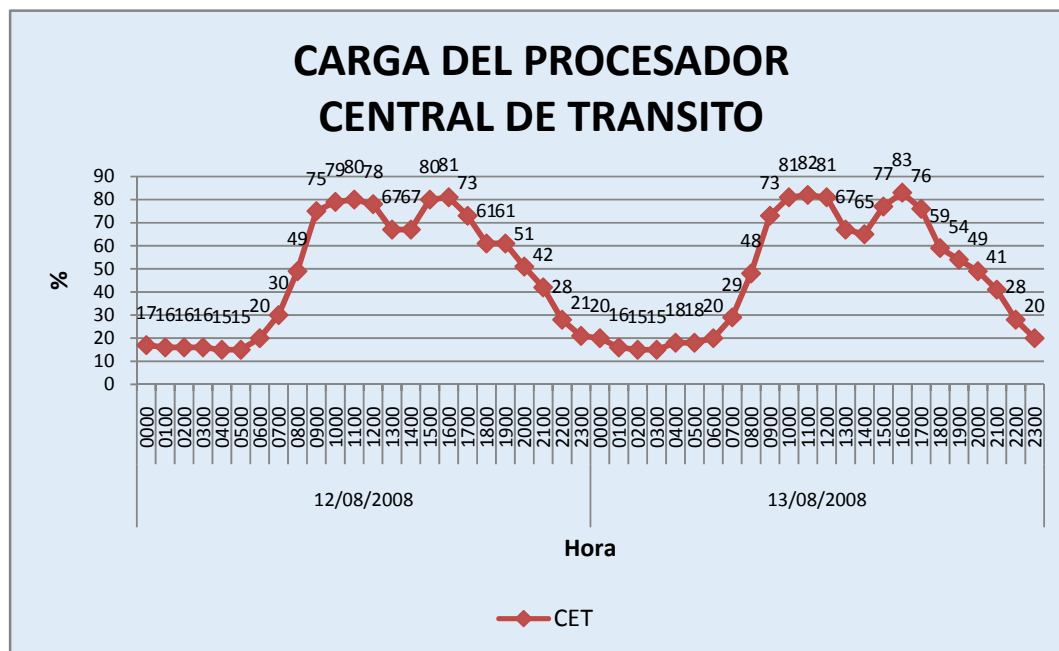
¹⁹ De acuerdo a la topología de la red utilizada actualmente, una ruta directa es la ruta desde una central local hacia tránsito, en donde, se maneja todo el tráfico departamental, internacional y de otros operadores. La ruta de tránsito, es la ruta de desborde de tráfico desde una central local hacia otra.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

De la misma forma, el fabricante considera a esta línea de equipo como “*face off*”, es decir que ya no la fabrican mas, por lo que ya no se cuentan con repuestos de parte del mismo en caso de que se necesiten, al presentarse una falla en alguno de los componentes de la central. Entonces proponemos la utilización de una central de nueva generación, en donde se garanticen los servicios existentes actualmente así como la posibilidad de generar nuevos.

Este punto es determinante en la toma de decisiones para iniciar la migración, ya que se evalúa el cambio del HW actual por uno más reciente que ofrezca más ventajas.

FIG. 24. Carga del procesador de la central transito.



FUENTE: Operador dominante.

5.3.2 Espacio físico

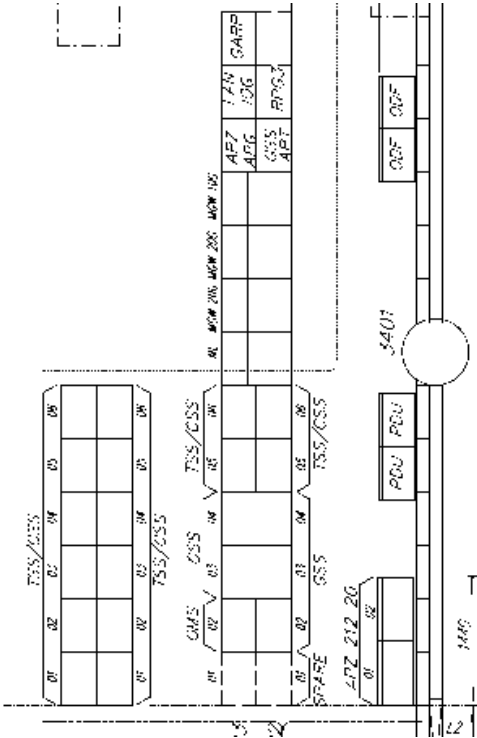
Se deberá evaluar, mediante un estudio de Ingeniería, el ambiente mas adecuado en donde se pueda instalar los nuevos equipos, los cuales tienen una dimensión de **0.60 X 0.40 mts.** cada gabinete, tomando en consideración la instalación de escalerillas para el cableado hacia el equipo de alimentación eléctrica y de la parte de transmisión hacia los ODF. Así como realizar una evaluación del sistema de aire acondicionado para la correcta ventilación de estos equipos.

La configuración actual de la central de Tránsito posee la cantidad de **22** gabinetes, distribuidos entre el procesador central **APZ**, la etapa troncal y de señalización **TSS/CSS**, el selector de grupo **GSS** y la parte de operación y mantenimiento **OMS**. En este sentido se logra una reducción de espacio físico hasta de un **40%** con la instalación del equipo de nueva generación, ya que la cantidad de tarjetas por gabinetes es menor debido a la utilización de interfaces **STM1** por tarjeta, los cuales manejan **63** E1's cada una, marcando una diferencia considerable respecto a las tarjetas E1 que manejan las tradicionales centrales TDM.

Para dar una idea, en la figura 25 se puede apreciar la ubicación propuesta para la nueva central (en rojo), en donde se puede apreciar la reducción de espacio físico respecto al equipo existente.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 25. Propuesta de ubicación de equipo.



Fuente: **Operador dominante.**

5.3.3 Consumo de energía

Con la instalación de este nuevo HW se logra una reducción significativa en el consumo de energía, los cuales se dan a conocer en la tabla V, desafortunadamente no se logro conseguir los datos del consumo de la central tránsito actual.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Se deberá disponer de la trayectoria más conveniente para la instalación de las escalerillas que soportaran el cableado hacia los equipos de energía que alimentaran estos equipos. Cada gabinete deberá ir correctamente aterrizado para protección contra sobrevoltajes o variaciones de corriente.

TABLA V. Consumos por gabinete.

| | Product Number | Description | QTY | Power (W) | Power feeds |
|------------|----------------|--|-----|--------------|-------------|
| Tes | .BFZ102100/26 | SWITCHING EQPT/TELEPHONY SERVER | 1 | 440 | 6 |
| | .BFZ102106/8 | SWITCHING EQPT/1 IOG20C (WITH EXRANG2) | 1 | 155 | 7 |
| | .BFZ102106/26 | SWITCHING EQPT/APZ21233C(2GW,30RPB-S,2TP | 1 | 545 | 6 |
| | .BFZ102101/11 | SWITCHING EQPT/16RPG3 | 1 | 150 | 4 |
| | .BFZ102102/404 | SWITCHING EQPT/1X GARP(4+4) + 1X GARP(1+ | 1 | 440 | 4 |
| | .BFZ102104/17 | SWITCHING EQPT/2+2M-AST | 1 | 29 | 2 |
| | | | | Total Fuse = | 29 |

| | Product Number | Description | QTY | Power (W) | Power feeds |
|------------|----------------|-------------|-----|--------------|----------------|
| AXD | 1/BFM 108012 | Cabinet 20G | 3 | 4000 | 32(4 Over PDU) |
| | 3/BFM 108002 | Cabinet 10G | 1 | 2000 | 13(4 Over PDU) |
| | | | | Total Fuse = | 112 |

Fuente: **Reporte técnico proveedor.**

5.3.4 Tráfico interurbano e internacional

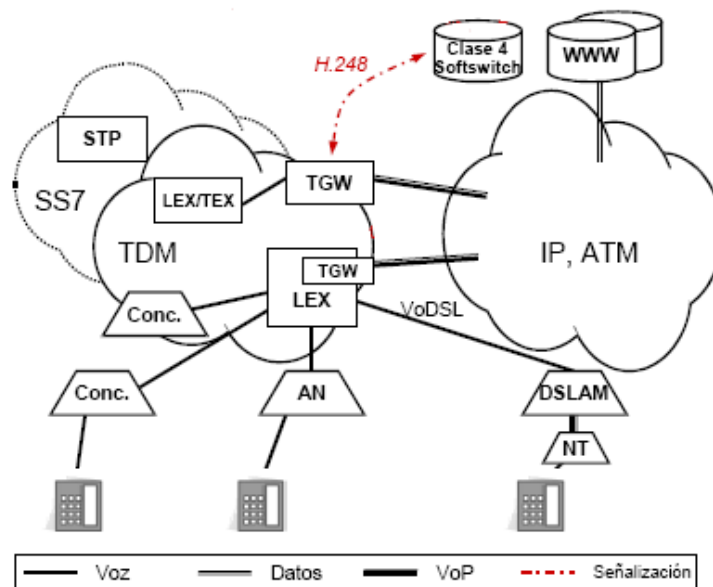
Una de las ideas iniciales para la migración a RGN, es descargar el tráfico interurbano o larga distancia de la red TDM. Esto se logrará con la implementación de **TGW** en las centrales locales, para convertir todo el tráfico larga distancia TDM, que se direcciona a través de la central de transito hacia otras centrales locales, a paquetes y viaje a través de la red IP, como se observa en la figura 26.

Los TGW serán gobernados por el Softswitch, a través del protocolo **H.248**²⁰, el cual se encargara de la supervisión y autorización de las llamadas. Para el manejo del tráfico internacional se debe considerar el manejo de dos tipos de tráfico, el tráfico de voz a través de los circuitos internacionales establecidos actualmente hacia otros países, el cual continuara como hasta ahora y el tráfico puramente de VoIP de *carrier* internacionales. Para este último caso, el tráfico lo manejara el **MGW IP** a través del equipo **SBC** descrito en el capítulo 4, para garantizar la seguridad y la validación de los usuarios en las redes de origen y destino, utilizando para ello interfaces Gigabit Ethernet.

²⁰ Ver Anexo II.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 26. Descarga de tráfico interurbano.



FUENTE. Informe esencial sobre telefonía IP.

Esto también redundará en los costos por llamada internacional, ya que al utilizar la VoIP el costo de la misma se reduce sustancialmente, mediante el puenteo (“*by pass*”) de las redes telefónicas conmutadas, debido a que el *backbone* IP ayuda a evitar los costos de una llamada internacional incurridos al utilizar la RTC a cambio de los costos más bajos de una red IP no regulada en el aspecto tarifario.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

La distribución del tráfico que maneja la central tránsito analizada se muestra en la **tabla VI**, lo cual nos indica el porcentaje de tráfico que cursa cada ruta del total del mismo y es específicamente el tráfico de Operadores el de mayor porcentaje.

Tabla VI. **Porcentajes de distribución de tráfico.**

| RUTA | TRAFICO (erlangs) | % |
|---------------|------------------------------|-------------|
| Departamental | 1,722.58 | 8% |
| Internacional | 2,231.29 | 10% |
| Metropolitano | 8,824.69 | 41% |
| Operadores | 8,928.82 | 41% |
| | | |
| Total | 21,707.38 | 100% |

Fuente. **Mediciones de tráfico.**

Como podemos observar en la tabla anterior, podremos liberar hasta un **10%** del tráfico total en esta etapa de la migración, la cual es la que se propone en este estudio.

5.4 Análisis de costos

En este apartado se presentaran los costos e ingresos que involucra la implementación del proyecto propuesto, en cuanto a la parte de conmutación se refiere tomando en cuenta la disponibilidad de los equipos en el mercado de varios fabricantes y la factibilidad técnica-económica de los mismos.

De acuerdo al sondeo realizado en cuanto a costos, con los proveedores de equipos, un Softswitch es generalmente entre un **40** y un **45 %** menos costoso que un conmutador de circuitos, debido a que utiliza arquitectura de cómputo general, en donde el precio y desempeño han mejorado considerablemente. Por otra parte, las estadísticas muestran que el costo de implementación de nuevos servicios en un Softswitch es **cinco veces** menor que en la red telefónica conmutada.

Precisamente la **reducción de costos** que introduce el uso de este dispositivo potencia su empleo como primer paso en la migración hacia las RNG.

Se realizo la selección de 3 de los proveedores principales de telefonía fija, con presencia actual en las redes del operador dominante, los cuales también están fabricando equipo de nueva generación. Se cotizaron los equipos de necesarios para iniciar el proceso de transición, los cuales se presentan en la **tabla VII**.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Un aspecto importante que se debe recalcar, es que los precios de los equipos mencionados, se solicitan al proveedor del equipo con la condición que el proyecto debe ser “**llave en mano**”, es decir, que el precio indicado debe abarcar desde la fabricación, transporte, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento, así como incluir las obras civiles necesarias. Se incluyen también los herrajes y el cableado necesario para su alimentación eléctrica e interconexión a la sala de transporte para tener acceso a la red del Operador Dominante.

Tabla VII. **Costo de equipos de RNG de diferentes proveedores.**

| PLATAFORMA RNG | | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CANTIDAD | PROVEEDOR A | PROVEEDOR B | PROVEEDOR C |
| SOFTSWITCH | 1 | 1,286,378.00 | 1,638,393.00 | 987,585.76 |
| TRUNK MGW | 3 | 1,453,805.00 | 2,339,694.00 | 2,249,304.6 |
| SBC | 2 | 340,085.00 | 200,708.00 | 215,175.00 |
| TOTAL (dólares) | | 3,080,268.00 | 4,178,795.00 | 3,452,065.36 |

FUENTE. **Cotizaciones presentadas por los proveedores.**

Tomando como base los datos que aparecen en la **tabla VI**, establecemos que el mayor tráfico cursado es el debido a los operadores. Esto es natural y era de esperarse, ya que debido al auge que se tiene en la telefonía móvil, los abonados fijos o alámbricos prefieren una terminal móvil desde donde puedan comunicarse con mayor comodidad y desde cualquier parte, siendo este otro posible tema de estudio.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

En este punto debemos hacer notar que los ingresos generados por una central clase IV, en su mayoría son debidos a los costos por la interconexión de los operadores interesados en utilizar la red del operador dominante y se establecen de acuerdo a lo estipulado en el capítulo III, Artículo 26 de la **Ley General de Telecomunicaciones de Guatemala**, el cual cita lo siguiente: “**Interconexión.** La interconexión de redes comerciales de telecomunicaciones será libremente negociada entre las partes. Ningún operador podrá interconectar equipos que ocasionen daño a equipos en uso. Se entiende por interconexión, la función mediante la cual se asegura la operabilidad entre redes, de tal modo que se pueda cursar tráfico de telecomunicaciones entre ellas.”

De esta definición, podemos resumir que los costos que pagan los operadores por el uso de la red del operador dominante lo acuerdan entre si. En nuestro caso, a través de entrevistas, se recabaron datos con personal del área encargada de negociar las condiciones de interconexión con los operadores nacionales e internacionales, logrando los siguientes resultados, con los cuales podremos estimar la recuperación de la inversión realizada.

Puertos E1²¹. **US\$156.00 / puerto mes.**

Espacio físico en los puntos de Interconexión. **US\$180.00/m².mes.**

²¹ Datos proporcionados por el Operador Dominante.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Si es necesaria la construcción o modificación de alguna obra civil para realizar la interconexión, el Operador Dominante solicita 3 presupuestos al Operador interesado en interconectarse y elige el mejor, aunque este dato no es significativo.

En la central de tránsito evaluada, existen al menos 14 operadores telefónicos, los cuales tienen su interconexión, y cada uno tiene cierta cantidad de enlaces E1, los cuales pagan por los mismos mediante la celebración de un contrato, en donde se especifican los costos fijos mensuales.

Aproximadamente la cantidad de puertos E1 utilizado por la totalidad estos operadores es de **556**, por lo tanto, utilizando el costo mensual por puerto anteriormente mencionado:

Puertos E1= $566 \times \text{US\$}156.00 =$ **US\$ 88,296.00 mensual**

Igualmente, el costo mensual por 4 mts². de espacio físico, por operador, es el siguiente:

Espacio físico en los puntos de

Interconexión= $14 \times 4 \times \text{US\$}180.00 =$ **US\$10,080.00 mensual**

Mensualmente el ingreso es de:

Ingreso mensual = $\text{US\$} 88,296.00 + \text{US\$} 10,080.00 =$
US\$ 98,376.00 mensual

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

El ingreso anual sería el siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Ingreso anual} &= (\text{US\$ } 88,296.00 * 12) + (\text{US\$ } 10,080.00 * 12) = \\ &= (\text{US\$ } 1,059,552.00 + \text{US\$ } 120,960.00) = \\ &= \text{US\$ } 1, 180, 512.00 \text{ anual}\end{aligned}$$

Existen otros costos relacionados al uso de ductos de interconexión, de red externa, escalerillas y bandejas para ubicación de fibras ópticas, los cuales son de US\$.1.5 / mts-mes. Cada operador tiene un promedio de 20 mts. de escalerillas para fibra, 11 mts. de escalerilla para tendido de cables de energía y 20 mts. de longitud de ductos de interconexión, dando un total por operador de:

$$\begin{aligned}\text{Costos varios} &= \text{costos por (escalerillas f.o. + escalerillas energía + ductos)} \\ \text{Costos varios} &= (20*1.5) + (11*1.5) + (20*1.5) = (30 + 16.5 + 30) \\ \text{Costos varios} &= \$.76.5 / \text{mes}\end{aligned}$$

Para el caso de interconexión con operadores internacionales, la forma en que se establece el cobro es diferente, ya que a estos operadores se les cobra por **minuto terminado** en la red del operador dominante, en lugar de cobrarles por E1. Para esto, la parte Comercial establece las denominadas “**bolsas de minutos**”, en donde se ofrece que por cierta cantidad monetaria puede cursar por la red del operador dominante, determinada cantidad de minutos. La tasa varía por operador, ya que se ve afectada por varios factores, entre los que se mencionan los siguientes:

- Cantidad de tráfico que espera cursar.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Diferencia horaria entre países.
- Tipo de interconexión que requiere, esta puede ser vía satélite, cable submarino, fibra óptica, etc.
- Arreglos comerciales.
- Tipo de cambio.

De acuerdo a entrevistas realizadas con expertos del área del Operador Dominante, se pudo establecer que el promedio de cobro por minuto terminado en su red es de **7 centavos de dólar**, ya que es la moneda que se maneja internacionalmente.

Entonces, con datos del tráfico mensual cursado por operadores internacionales existentes en la central tránsito evaluada, podemos estimar un dato de la cantidad de minutos de tráfico telefónico que maneja esta central, lo cual, nos será de utilidad para determinar un aproximado del ingreso anual que se obtiene con este tipo de interconexión y su proyección para la recuperación de la inversión realizada para sus migración a RNG, en donde, podrá implementar nuevos y mejores servicios para los clientes.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tomando como base la **Recomendación E.506 v.1** de la UIT, utilizaremos un método para predecir la cantidad de minutos cursados por el operador, ya que se cuenta con una muestra mensual de las mediciones de tráfico internacional del Operador Dominante en Erlangs²², proporcionada por el mismo. Entonces, el tráfico medio estimado cursado en la hora cargada (Erlangs) se determina a partir de los minutos tasados por mes aplicando la fórmula:

$$A = Mdh / 60e$$

Donde:

A: es el tráfico medio estimado, en erlang, cursado en la hora cargada,

M: es el total mensual de minutos,

d: es la relación día/mes; esto es, relación entre la duración tasada media en días laborales, y la duración tasada mensual (**d=0.04**),

h: es la relación hora cargada / día, esto es, la relación tasada durante la hora cargada y la duración tasada media diaria,

e: es el factor de eficacia, esto es, la relación entre la duración tasada en la hora cargada y la duración de ocupación en la hora cargada (**e=0.9**).

²² Erlang, unidad adimensional de medición para el tráfico telefónico, 1 Erlang equivale a la ocupación de un circuito durante 1 hora. Se nombró así en honor al fundador de la teoría del tráfico en telefonía, el matemático A. K. Erlang.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Despejamos de la fórmula anterior, los minutos mensuales tasados (M) y nos queda de la siguiente forma:

$$M = 60Ae / dh$$

De acuerdo a la **tabla VI**, el tráfico mensual aproximado cursado por los operadores internacionales existentes en la central en estudio es el siguiente:

Tráfico internacional cursado = **2,231.29 Erlangs**

Aplicando la fórmula para el cálculo de minutos tasados:

$$M = (60 * 2,231.29 * 0.9) / (0.04 * 0.11) = \mathbf{331,346.57 \text{ minutos}}$$

Aplicando el costo promedio de US\$ 0.07, tenemos el monto total:

$$\text{Ingreso total} = \text{US\$ } 0.07 * 331,346.57 = \mathbf{\text{US\$ } 23,194.26 \text{ mensuales}}$$

En lo que se refiere al tráfico nacional y nacional larga distancia, sabemos que el precio por minuto es de **Q.0.20**, por lo tanto, basándonos en la **tabla VI**:

Tráfico mensual nacional = **8,824.69 Erlangs**

Tráfico mensual larga distancia = **1,722.58 Erlangs**

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Aplicando la fórmula para el cálculo de minutos tasados:

$$\text{Minutos mensuales nacional} = (60 * 8,824.69 * 0.9) / (0.04 * 0.11) =$$

$$= \mathbf{1, 310, 466.47 \text{ minutos}}$$

$$\text{Minutos mensuales L.D. nacional} = (60 * 1,722.58 * 0.9) / (0.04 * 0.11) =$$

$$= \mathbf{255, 803.13 \text{ minutos}}$$

El ingreso mensual, convertido a dólares, es el siguiente:

$$\text{Ingreso mensual nacional} = (1,310, 466.47 * (0.20/8.15)) =$$

$$= \mathbf{US\$ 32,158.69 \text{ mensual}}$$

$$\text{Ingreso mensual L.D. nacional} = (255,803.13 * (0.20/8.15)) =$$

$$= \mathbf{US\$ 6,277.38 \text{ mensual}}$$

En la **tabla VIII** se elabora un resumen de los minutos tasados y su correspondiente valor en dólares.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tabla VIII. **Minutos tasados mensuales y cargo correspondiente.**

| RUTA | TRAFICO (erlangs) | % | MINUTOS TASADOS | US\$ MENSUAL |
|---------------|------------------------------|-------------|----------------------------|---------------------|
| Departamental | 1,722.58 | 8% | 255,803.13 | 6,277.38 |
| Internacional | 2,231.29 | 10% | 331,346.57 | 23,194.26 |
| Metropolitano | 8,824.69 | 41% | 1,310,466.47 | 32,158.69 |
| Operadores | 8,928.82 | 41% | 1,325,929.77 | 98,376.00 |
| | | | | |
| TOTAL | 21,707.38 | 100% | 3,223,545.93 | 160,006.32 |

Fuente. **Elaboración propia.**

Por lo tanto, el ingreso anual aproximado, se obtiene de la siguiente manera:

INGRESO ANUAL= US\$ 160, 006.32 X 12 = US\$ 1, 920,075.84

5.5. Presentación de resultados

Desde el punto de vista económico, definitivamente la propuesta mas conveniente es la del **proveedor A**, ya que es la de menor baja en cuanto a costo. Además de las siguientes razones técnicas, que se deben considerar:

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Actualmente es el proveedor con más presencia de centrales de conmutación de circuitos existente en la red, por lo que la incorporación de la nueva central debiera ser menos complicada, ya que mantiene una misma arquitectura y filosofía de funcionamiento.
- El soporte técnico con el que cuentan ha demostrado ser confiable y responde con rapidez ante cualquier eventualidad suscitada dentro de sus centrales, así como el conocimiento de los técnicos asignados a nuestro país.
- Cuentan con soluciones tecnológicas que se adaptan fácilmente a la red existente, brindando nuevos y mejores servicios a los usuarios finales, garantizando la calidad de la misma.

Para determinar si el proyecto es rentable, utilizamos un método para evaluar decisiones económicas, como lo es el **Período de Recuperación de la Inversión**, el cual es el lapso necesario para que los ingresos cubran los egresos. Es equivalente conceptualmente al punto de equilibrio.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Tabla IX. **Período de recuperación de la inversión.**

| INVERSIÓN Y UTILIDADES (US\$) | |
|--------------------------------------|--|
| AÑO | PROYECTO: SUSTITUCION CENTRAL DE TRANSITO |
| 0 | - 3,080,268.00 |
| 1 | 1, 920,075.84 |
| 2 | 1, 920,075.84 |
| 3 | 1, 920,075.84 |

Fuente. **Elaboración propia.**

En 2 años los ingresos será de $(US\$ 1, 920,075.84 \times 2) = \mathbf{US\$ 3, 840,151.68}$

Si se estima un 5% en gastos de Operación y Mantenimiento, determinamos que la inversión se cubrirá en un período de **2 años**, como se observa en la **tabla IX**.

5.5.1. Elementos para la red NGN propuesta

Una central **Clase IV** de nueva generación, como la planteada en este caso, deberá incluir los siguientes elementos de red, basados en una topología distribuida:

- **Softswitch**, el cual se encargara del control de las llamadas en la parte TDM y la conexión a la parte IP.

- **Media Gateway**, los que se encargaran del interfuncionamiento entre el mundo RNG (IP) y el mundo RTC (TDM), 2 de ellos con capacidad de manejo de ancho de banda de 20 Gb/s para todo el tráfico TDM, mientras que el tercero tiene una capacidad de manejo de ancho de banda de 10 Gb/s. y se encargará del tráfico IP de operadores de larga distancia, para lo cual esta equipado con interfaces ópticas Gigabit Ethernet. Los 2 primeros estarán equipados con tarjetas STM1 ópticas de corto alcance, las cuales tienen 2 puertos STM1 cada una, para coleccionar todo el tráfico TDM de las diferentes centrales locales conectadas a la actual central transito, así como de los distintos operadores nacionales existentes. Cada Media Gateway tendrá su conexión al ML, mediante 2 STM1 para garantizar el correcto intercambio de información a través del protocolo **H.248**²³.
- El **Session Border Controller** (SBC), que se encargará de hacer la función de seguridad, autenticación e interfuncionamiento **SIP/H.323** entre la RNG del operador involucrado y los operadores internacionales IP. Este tema se trato el capítulo 4.
- El equipo de **Gestión**, el cual se encargará de gestionar y administrar el *Softswitch*, los Media Gateway y el SBC.

²³ Ver Anexo II.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

CONCLUSIONES

1. Este estudio permitió identificar los aspectos técnicos más importantes que inciden en la capacidad de funcionamiento y crecimiento de una central telefónica tradicional Clase IV, por lo que, se puede concluir que su migración, en estas condiciones, es viable y necesaria, además, de que representará el inicio del establecimiento de una red de nueva generación.
2. Se estableció el concepto de red de nueva generación, el cual es el de una red que maneja independientemente las funciones de transporte y control, además de que la primera se basa en la tecnología de paquetes. Tiene como objetivo una red convergente que sea capaz de manejar voz y datos, utilizando una misma infraestructura de transporte, logrando con esto la interconexión e interfuncionamiento de distintas redes.
3. Se estableció que para la conexión a internet vía *dial up* o por marcación se evitaran los “cuellos de botella” en la red de circuitos conmutados que se generan actualmente debido a la duración de cada llamada al proveedor de internet, las cuales fueron ideadas para el manejo de tráfico de voz cuyos lapsos de tiempo son más cortos.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

4. Se determinó que la migración a redes de nueva generación traerá consigo muchos beneficios para los usuarios, tales como el transporte de paquetes de información para los enlaces interurbanos, con lo que se evitará la congestión en la red debido a que no se utilizará exclusivamente un canal de **64 Kbps**. para cada llamada, sino que esta utilizará únicamente el ancho de banda necesario para el transporte de la voz durante el tiempo en que se establezca la llamada, logrando así su optimización y por ende mayor ancho de banda disponible.

5. Se estableció, que para las llamadas internacionales, se reduce el costo de la misma, ya que al utilizar un medio de transporte no regulado, como la red IP, los costos serán menores a los actuales.

RECOMENDACIONES

1. Previo a que el operador telefónico se decida por un cambio de tecnología de esta magnitud, es necesaria una evaluación técnica-económica de los equipos actuales, en conjunto con el proveedor que más le convenga, para determinar los cambios necesarios en su red, así como prever su inserción en equipos de nueva generación de forma gradual.
2. Las arquitecturas de RNG no sólo ofrecen la oportunidad de incrementar beneficios, sino que también reducen los costes de operación e inversión, por lo que los nuevos operadores no tienen la necesidad de desarrollar una estrategia de migración, ya que desde el principio pueden optar por una solución convergente de voz/datos RNG para proporcionar servicios avanzados en ambas áreas.
3. Para continuar siendo competitivos, los operadores necesitan encontrar la manera de proporcionar nuevos servicios a sus clientes durante el periodo de transición, antes de que sus redes hayan evolucionado totalmente a RNG.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

4. Los proveedores de servicio establecidos tienen que considerar su base instalada TDM y, por consiguiente, enfrentarse con la difícil decisión de actualizar los conmutadores de circuitos instalados (si el fabricante ofrece esta opción), finalizar las inversiones en equipamiento de conmutación de circuitos, y construir una red superpuesta RNG o, incluso, con el tiempo, reemplazar los conmutadores de circuitos con nueva tecnología.

5. Para lograr la consolidación de la red se debe optimizar la RTC instalada a fin de reducir los gastos de capital (CAPEX) y/o los gastos de funcionamiento (OPEX), es decir, reducir el número de las grandes centrales (locales y tránsito) con alta capacidad de conmutación e interfaces de alta velocidad, mientras que los demás equipos podrán utilizarse como equipos de acceso de sitios distantes. Esta consolidación puede combinarse con la selección de productos que dispongan de una garantía de funcionamiento futuro para preparar la migración a la NGN.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.** Cardozo F. Joel. **Concepto de IP en las nuevas redes integradas.** Venezuela. 2006. 106 pp.

- 2.** Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. **Estudio integral de Redes de Nueva Generación y Convergencia.** Colombia. 2007.

- 3.** Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. **Estructura del estudio sobre características de la voz, basadas en redes IP.** Carpeta Técnica. Estados Unidos. 2004.

- 4.** Joskowics, José. **Redes Unificadas.** Montevideo, Uruguay. 2004. 35pp.

- 5.** Martínez Hellín, Agustín; López Almansa, Eugenio; Rueda García, F. Javier. **Arquitecturas de Redes de Nueva Generación: decisiones estratégicas.** Alcatel. España. 2002. 8pp.

- 6.** Méndez Esquivel, Carlos. **Inbound para enlaces PSTN con VoIP.** Trabajo de graduación Ing. Elect. y Com. México. Universidad de las Américas. Facultad de Ingeniería. 2005.
- 7.** Minoli, Daniel y Emma Minoli. **Delivering Voice over IP Networks.** USA. Wiley Computer Publishing. 1998. 279pp.
- 8.** Moumoulidis, OTE. **Estructura y diseño de redes.** ITU.
- 9.** Pérez Rivero, Maykel y Acosta Ymas, Carlos Felipe. **Estrategias para la migración hacia la RNG para conmutadores locales.** CITTEL. 2006. Cuba.
- 10.** R. Estepa. **Digitalización de la Red Telefónica.** Notas de ARSS. 2004.
- 11.** Rodríguez Jiménez, Oscar. **Redes Telefónicas.** UNITEC. 21pp.
- 12.** Rosario Villareal, Marco Aurelio & Herrera Vega, Felipe. **El Estándar VoIP.** Perú. 2006. 26pp.

- 13.** Superintendencia de Telecomunicaciones SIT. **LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES.** 1996. Guatemala.

- 14.** Superintendencia de Telecomunicaciones SIT. **Plan de numeración para la República de Guatemala.**

- 15.** **Taxonomía de redes y evolución.** Tema 7. s.e. s.a.

- 16.** Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT. **Informe esencial sobre telefonía IP.** 2003. 170pp.

- 17.** Veraz Networks. ***Seeking ever-improving competitiveness from Class 4/Tandem Next Generation Networks.*** White Paper. 2006.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

ANEXO I

ORGANIZACIONES NORMALIZADORAS

TELCORDIA

Telcordia es una compañía internacional proveedora de software de redes de telecomunicaciones, la cual ofrece servicios de IP y redes de cable fijas e inalámbricas. Además, Telcordia realiza funciones tales como diseño de redes, atención al cliente y cobranzas, activación de servicio y gestión de fuerza de trabajo. Las oficinas centrales se ubican en Piscataway, N.J, y la empresa tiene sucursales en Europa y Asia, como también en Norteamérica, América Central y del Sur.

IEC

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es la organización líder a nivel mundial encargada de preparar y publicar Normas Internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines.

ETSI

Las normas ETSI son estándares desarrollados por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), una organización independiente y sin ánimo de lucro reconocida oficialmente por la Comisión Europea como organismo de estandarización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Europa.

Posiblemente, la norma ETSI más relevante ha sido el estándar de telefonía móvil digital GSM, extendido por gran parte del mundo. Entre los desarrollos más importantes en los que participa actualmente, el TISPAN es la organización dependiente de ETSI encargada de normalizar las redes fijas y la convergencia de Internet, y ETSI participa también en el 3GPP, el principal organismo de estandarización de la telefonía móvil 3G.

IETF

Se refiere a la Fuerza de Trabajo de la Ingeniería de Internet que intentan determinar como la Internet y los protocolos de Internet trabajan, así como definir los estándares prominentes. *Internet Engineering Task Force* es una vasta comunidad abierta compuesta de proyectistas, operadores, fabricantes e investigadores en el campo de la red, que se ocupa de coordinar el funcionamiento operativo, la gestión y la evolución de Internet y de resolver problemas de arquitectura y de protocolo en breve o medio periodo.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Es una importante fuente de proposiciones de protocolos estándar que vienen sometidas a estudio para la aprobación final en el *Internet Engineering Steering Group*. La IETF se reúne tres veces al año y publica un registro detallado de las reuniones plenarias.

UIT

Organización normalizadora antes conocida como CCITT que hace recomendaciones para operadores de telecomunicaciones y fabricantes de equipos. Un punto clave es la interoperabilidad entre equipos y servicios entre operadores y fabricantes. A principios de 2002, la UIT empezó a trabajar con las normas NGN. A partir de entonces, se han organizado varios talleres sobre NGN a fin de tratar de asuntos que afectan tanto a la UIT como a otras organizaciones normalizadoras. Dos años después, la UIT estableció un grupo temático FGNGN (*Focus Group on Next Generation Networks*) para trabajar en relación con redes fijas y móviles, así como la calidad del servicio en DSL, la autenticación, seguridad y señalización. Actualmente, varias comisiones de estudio del UIT-T, tales como la 2, 11, 13 y 19, se ocupan de trabajos de normalización, mientras que la comisión 13 trata concretamente relativo a NGN.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

ANEXO II

TIPOS DE PROTOCOLOS VoIP

VoIP comprende muchos estándares y protocolos. La terminología básica debe ser entendida para comprender las aplicaciones y usos de VoIP. Las siguientes definiciones sirven como un punto de partida:

- **H.323**: es una recomendación **ITU** que define los Sistemas de Comunicaciones Multimedia basados en paquetes. En otras palabras, H.323 define una arquitectura distribuida para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP.
- **H.248**: es una recomendación ITU que define el protocolo de *Control Gateway*. H.248 es el resultado de una colaboración conjunta entre la ITU y la IETF.
- **MEGACO**, también conocido como la IETF RFC 2885 y recomendación ITU H.248, define una arquitectura centralizada para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- **MGCP**, también conocido como la **IETF 2705**, define una arquitectura centralizada para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP.
- El Protocolo de Transporte en Tiempo Real (**RTP**), también conocido como la IETF **RFC 1889**, define un protocolo de transporte para aplicaciones en tiempo real. Específicamente, RTP provee el transporte para llevar la porción audio/media de la comunicación VoIP. RTP es usado por todos los protocolos de señalización VoIP.
- **SIP**: también conocido como la IETF **RFC 2543**, define una arquitectura distribuida para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP.

Las aplicaciones construyen sus propias familias de protocolos de alto nivel sobre los protocolos de bajo nivel, los cuales se utilizan para el transporte y otras tareas.

Transportar una llamada telefónica de VoIP en una red de datos implica el establecimiento de la llamada—conseguir un tono de marcado, llamar a un número de teléfono, conseguir que suene el teléfono del destinatario (o en su defecto generar una señal de ocupado), y que el destinatario recoja el teléfono para contestar la llamada—y poder realizar la conversación telefónica. Para ambas fases se requieren dos protocolos de VoIP:

- **Protocolos para el establecimiento de las llamadas:** Se pueden utilizar varios protocolos de alto nivel para establecer y liberar la comunicación como H.323, SIP, SCCP, MGCP, y Megaco/H.248. Los programas que implementan los protocolos de establecimiento de las llamadas utilizan TCP y UDP para el intercambio de datos durante todas las fases.
- **Protocolos de streaming de voz:** El intercambio de datos que contienen la voz codificada, se realiza después del establecimiento de la llamada usando dos flujos – uno en cada dirección – para permitir que ambos participantes puedan hablar al mismo tiempo. Cada uno de estos flujos de datos utiliza un protocolo de alto nivel denominado Real-Time Transport Protocol (RTP), el cual es encapsulado en UDP para viajar a través de la red. En la siguiente figura se ilustra estos dos grupos de protocolos de VoIP.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

ANEXO III

MODELO OSI

Las capas de la **OSI** (*Open Systems Interconnect*) fueron creadas por la **ISO** (*International Organization for Standardization*) en 1974 con el propósito de abrir la comunicación entre diferentes sistemas sin recurrir a cambios a la lógica y fundamentos del hardware y software. El modelo de referencia **OSI** no es un protocolo, es un modelo para entender el diseño de una arquitectura de red que sea flexible, robusta y interoperable.

El modelo OSI está construido en 7 capas:

- Capa **física** (capa 1)
- Capa de **enlace de datos** (capa 2)
- Capa de **red** (Capa 3)
- Capa de **transporte** (capa 4)
- Capa de **sesión** (capa 5)
- Capa de **presentación** (capa 6)
- Capa de **aplicación** (capa 7)

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Figura 27. Modelo OSI.

| |
|------------------------|
| Aplicación |
| Presentación |
| Sesión |
| Transporte |
| Red |
| Enlace de Datos |
| Física |

FUENTE. **El modelo de referencia OSI.** <http://elsitiodetelecomunicaciones.iespana.es>

Cada una de ellas se describe a continuación:

- **Capa física**

El nivel de capa física se ocupa de la transmisión de bits a través de un canal de comunicación, así como también define sus características (del canal). Regula aspectos de la comunicación como el tipo de señal (analógica, digital,...), el esquema de codificación, sincronización de los bits, tipo de modulación, tipo de enlace (punto-punto, punto-multipunto), el modo de comunicación (dúplex, half-dúplex o simplex), tasa de bits (número de bits por segundo), topología empleada, y, en general, todas las cuestiones eléctricas, mecánicas, señalización y de procedimiento en la interfaz física (cables, conectores, enchufes,...) entre los dispositivos que se comunican.

- **Capa de Enlace de Datos**

La capa de enlaces de datos ensambla los bits de la capa física en grupos de tramas (protocolos de red) y asegura su correcto envío. También es la encargada de la verificación y corrección de errores de la capa física, en caso de que ocurra un error en los bits se encarga de avisarle al transmisor de que efectúe una re-transmisión y por lo tanto la capa de enlace se encarga también del control de flujo de los datos.

La capa de enlace de datos se divide en dos subcapas:

- LLC (*Logical Link Control*): define como los datos son transferidos sobre el cable y provee servicios de enlace de datos a las capas superiores.
- MAC (*Medium Access Control*): define quien puede usar la red cuando múltiples dispositivos están intentando acceder simultáneamente (*e.g. token passing, Ethernet CSMA/CD,..*).

- **Capa de Red**

Es la responsable del envío *fuentes a destino* de los paquetes, es decir, se asegura que cada paquete llegue desde su punto inicial hasta su punto final.

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

Si dos sistemas están conectados en el mismo enlace, no existe la necesidad de la capa de red (e.g. una LAN). Sin embargo, si dos sistemas están en diferentes redes (enlaces) será necesaria una capa de red para culminar la entrega *fuentes a destino* del paquete.

Específicas responsabilidades de la capa de red incluyen:

- **Direccionamiento lógico:** El direccionamiento físico implementado en la cada de enlace de datos manipula el problema del direccionamiento localmente. Pero si un paquete pasa de la frontera de la red, se necesita otro sistema de direccionamiento para ayudar a distinguir los sistemas fuente y destino. La capa de red agrega un encabezado al paquete que llega de la capa superior, que entre otras cosas, incluye la dirección lógica del origen y del destino.
- **Enrutamiento:** Cuando redes independientes o enlaces son conectados juntos para crear una interred (e.g. una red de redes como Internet) o una red grande, los dispositivos (llamados enrutadores) enrutan los paquetes a su destino final. Una de las funciones de la capa de red es la de proveer este mecanismo.

- **Capa de Transporte**

Es la responsable del envío fuente a destino (extremo-extremo) del mensaje entero. Mientras que la capa de red supervisa el envío extremo-extremo de paquetes individuales, no reconoce cualquier relación entre esos paquetes. Trata cada uno independientemente, sin embargo cada pieza pertenece a un mensaje separado. Por otro lado, la capa de transporte, asegura que el entero mensaje arribe intacto y en orden, supervisando el control de flujo y control de error al nivel de la fuente-destino. La capa de transporte asegura un servicio confiable Rompe el mensaje (de la capa de sesión) en pequeños paquetes, asigna número de secuencia y los envía.

- **Capa de Sesión**

Los servicios proveídos por las primeras tres capas (física, enlace de datos y red) no son suficientes para algunos procesos. La capa de sesión es controladora de diálogos de la red. Establece, mantiene y sincroniza la interacción entre los sistemas.

- Es una versión mejorada de la capa de transporte (Solo teoría) muy pocas aplicaciones la usan

Criterios generales para la migración de redes de telefonía tradicional a redes de nueva generación Clase 4.

- Facilita la sincronización y el control del dialogo.

- **Capa de Presentación**

La capa de presentación se encarga de la sintaxis y la semántica de la información intercambiada entre dos sistemas. Dentro de las tareas específicas se encuentran:

Traslación (de códigos)

- Encriptación
- Compresión

- **Capa de Aplicación**

La capa de aplicación le permite al usuario acceder la red. Provee de las interfaces de usuario y soporte para servicios tales como correo electrónico, transferencia de archivos, administración de bases de datos compartidas y otros tipos de servicios distribuidos.