

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA MIGRACIÓN DE
LA ACTUAL PLATAFORMA TDM DE INTERCONEXIÓN
NACIONAL HACIA VOIP, PARA LA CORPORACIÓN DIGITEL**

Trabajo de Grado presentado a la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al
título de Especialista en Telecomunicaciones Digitales

Caracas, Marzo de 2012

© Lobato, Iván 2012

Hecho el Depósito de Ley

Depósito Legal lft7372012336537

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA MIGRACIÓN DE
LA ACTUAL PLATAFORMA TDM DE INTERCONEXIÓN
NACIONAL HACIA VOIP, PARA LA CORPORACIÓN DIGITEL**

Trabajo de Grado presentado a la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al
título de Especialista en Telecomunicaciones Digitales

Presentado por:

Ing. Ivan lobato.

Tutor Académico:

Prof. Carlos Moreno

Caracas, Marzo de 2012

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Especialización: Telecomunicaciones Digitales.

Tema: Estudio Técnico-Económico para la migración de la actual plataforma TDM de Interconexión Nacional hacia VoIP, para la corporación DIGITEL.

Ponente: Ivan lobato.

Resumen

Buscando modernizar los servicios de interconexión hacia otros operadores, y aprovechando el proceso de migración hacia tecnologías de nueva generación que actualmente se está llevando a cabo en la corporación, se formuló el objetivo principal de este proyecto, el cual consiste en aportar una idea para realizar la sustitución de la Interconexión TDM con las demás operadoras por una nueva tecnología IP. El trabajo se dividió en dos etapas: La primera, fue la de realizar el análisis de la situación actual de la empresa, que incluye: el levantamiento de información de tráfico actual, y armado de las tablas esenciales, que servirán como punto de partida para la planificación final. Una segunda etapa, consistió en preparar, según las conversiones necesarias entre tecnologías, los requerimientos necesarios para diseñar las alternativas posibles según la visión de negocio que tendrá la Corporación Digitel para los próximos 3 años. Finalmente, según las opciones analizadas, realizando el estudio económico de las propuestas, se pudo escoger la mejor opción, tanto técnica como económica, para la migración de la plataforma TDM a VoIP.

DEDICATORIA

A mis padres, por apoyarme, guiarme y confiar en mí en todo momento, serán siempre mi inspiración para alcanzar mis metas.

A mi hijo, Iván Alexander. Un regalo de Dios.

A todos mis amigos y compañeros tanto de clases como de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

- A DIGITEL, como empresa, por el total apoyo brindado a este Trabajo Especial de Grado.
- A todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido en mi formación, dándome afecto y sirviendo de guías en mi vida. Muchas gracias.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS	x
LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I Planteamiento del problema y Metodología del Proyecto	3
1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA.	3
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	3
1.3 VALORES DE LA ORGANIZACIÓN.....	3
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	4
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	5
1.6 JUSTIFICACIÓN.	6
1.7 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.8 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	7
1.9 ALCANCE Y LIMITACIONES.	8
1.10 METODOLOGÍA.	8
1.10.1 Diseño de la Investigación.	8
1.10.2 Área de la Investigación.	8
1.10.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.	8
1.10.4 Fases de la Investigación.	9
CAPITULO II Marco Teórico	10
2.1. ANTECEDENTES.	10

2.2.	TECNOLOGÍA TDM.....	11
2.3.	TRÁFICO TELEFÓNICO.....	13
2.3.1.	Intensidad y unidades del tráfico	14
2.3.2.	Grado de servicio.....	15
2.3.3.	Variaciones en la Intensidad del tráfico.	15
2.3.4.	Tablas de distribución.	16
2.3.5.	Fórmula de Erlang B.	17
2.4.	SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN SS7.....	19
2.4.1.	Arquitectura de la red SS7.....	19
2.4.2.	Capas del Protocolo SS7.	22
2.5.	TELEFONÍA IP.....	24
2.5.1.	Voz sobre IP.	24
2.5.2.	Protocolos de internet.....	24
2.5.3.	Protocolos de señalización para VoIP.....	25
2.5.3.1.	H323.....	25
2.5.3.2.	SIGTRAN.....	26
2.5.3.3.	PROTOCOLO H.248 (MEGACO).....	29
2.5.3.4.	SIP.....	31
2.5.4.	Protocolos de transporte en VoIP.....	32
2.5.4.1.	UDP.....	33
2.5.4.2.	TCP.....	33
2.5.4.3.	RTP.....	33
2.5.4.4.	RTCP.....	34
2.5.5.	CODECS DE COMPRESIÓN DE VOZ.....	34

2.5.5.1.	CODEC DE COMPRESIÓN G.711.....	34
2.5.5.2.	CODEC DE COMPRESIÓN G.722.....	34
2.5.5.3.	CODEC DE COMPRESIÓN G.723.....	35
2.5.5.4.	CODEC DE COMPRESIÓN G.728.....	35
2.5.5.5.	CODEC DE COMPRESIÓN G.729.....	35
2.6.	BACKBONE IP / MPLS.	35
2.7.	SUBSISTEMA IMS.	37
2.7.1.	Características Generales.	37
2.7.2.	Arquitectura.....	38
2.8.	CALIDAD DE SERVICIO (QoS).....	40
2.8.1.	LATENCIA.....	40
2.8.2.	JITTER.....	41
2.8.3.	ECO.....	42
2.8.4.	PERDIDA DE PAQUETES.....	43
2.9.	VENTAJAS DE VoIP.	44
2.10.	MARCO REGULATORIO.	45
2.10.1.	Marco Regulatorio de la Tecnología VoIP a Nivel Internacional.....	45
2.10.2.	Marco Regulatorio Venezolano.....	46
CAPITULO III Análisis de la Situación Actual		52
3.1.	RUTAS DE VOZ CON OTRAS OPERADORAS.....	57
3.2.	RUTAS DE VOZ ENTRE SWITCHES DE DIGITEL.....	58
3.3.	ENLACES DE SEÑALIZACIÓN CON OTRAS OPERADORAS.....	58

3.4. ENLACES DE SEÑALIZACIÓN CON CADA SWITCH DE DIGITEL	59
CAPITULO IV Análisis de las Propuestas	60
4.1. ESCENARIO A (NUEVOS RADIOS DE MW).....	64
4.2. ESCENARIO B (ENLACES ETHERNET HACIA INTERNET).	72
4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
ANEXO I	85
ANEXO II.....	87
ANEXO III.....	92
ANEXO IV.....	94
ANEXO V.....	96
ANEXO VI.....	98
ANEXO VII	100
ANEXO VIII.....	108
ANEXO IX.....	112
ANEXO X.....	115
ANEXO XI.....	118
ANEXO XII	121
ANEXO XIII.....	124

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Estándares TDM	12
Figura 2. Jerarquía SDH.	13
Figura 3. Formula de Erlang.....	15
Figura 4. Tráfico telefónico diario.....	16
Figura 5. Tráfico telefónico semanal.	16
Figura 6. Diagrama de Distribución de Erlang B	18
Figura 7. Formula de Erlang B.....	18
Figura 8. Esquema de Red SS7 en una red GSM.....	20
Figura 9. Tipos de enlace SS7.....	21
Figura 10. Analogía Modelo OSI – SS7.....	22
Figura 11. Arquitectura de protocolos SIGTRAN.....	27
Figura 12. Áreas de aplicación de MEGACO	31
Figura 13. Principio del servicio MPLS.	36
Figura 14. Ejemplo de una red GSM / UMTS.....	52
Figura 15. Red Backbone Región Occidente	54
Figura 16. Red Backbone Región Oriente	54
Figura 17. Red Backbone IP / MPLS	55
Figura 18. Ancho de banda utilizado para el backbone 3G.	56
Figura 19. Diagrama de POI's a nivel nacional	57
Figura 20. Diagrama de Interconexión SS7 con otras operadoras.....	58
Figura 21. Diagrama de Interconexión de la red SS7 de Digitel.....	59
Figura 22. Futuro diagrama de Señalización.	62
Figura 23. Futuro diagrama de Conmutación.....	63
Figura 24. Futuro diagrama de Voz.	64
Figura 25. Codecs de codificación G.711.	66
Figura 26. Codecs de codificación G.723.	66
Figura 27. Codecs de codificación G.729.	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo Ancho de Banda de cada POI.	69
Tabla 2. Cálculo de Ancho Banda Backbone.....	71
Tabla 3. Porcentaje de uso de POI CCS02 (Ver. ANEXO VII).....	101
Tabla 4. Porcentaje de uso de POI CCS03 (Ver. ANEXO VII).....	102
Tabla 5. Porcentaje de uso de POI VAL03 (Ver. ANEXO VII)... ..	103
Tabla 6. Porcentaje de uso de POI PLC01 (Ver. ANEXO VII).....	104
Tabla 7. Porcentaje de uso de POI MBO01 (Ver. ANEXO VII)... ..	105
Tabla 8. Porcentaje de uso de POI BTO01 (Ver. ANEXO VII)... ..	106
Tabla 9. Porcentaje de uso de POI SCR01 (Ver. ANEXO VII).....	107
Tabla 10. Porcentaje de utilización del MSC02 (Ver ANEXO VIII).....	109
Tabla 11. Porcentaje de utilización del MSC03 (Ver ANEXO VIII).....	109
Tabla 12. Porcentaje de utilización del VAL03 (Ver ANEXO VIII).....	110
Tabla 13. Porcentaje de utilización del PLC01 (Ver ANEXO VIII).....	110
Tabla 14. Porcentaje de utilización del BTO01 (Ver ANEXO VIII).....	111
Tabla 15. Porcentaje de utilización del MBO01 (Ver ANEXO VIII).....	111
Tabla 16. Porcentaje de utilización de la interconexión SS7 (Ver ANEXO XI)..	114
Tabla 17. Porcentaje de utilización de la red SS7 de Digitel (Ver ANEXO X)....	117
Tabla 18. Análisis Económico Escenario A (Ver Anexo XI).....	119
Tabla 19. Análisis Económico Escenario B (Ver Anexo XI).....	120

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

3G Third Generation
3GPP 3rd Generation Partnership Project
ACHT Average Call Holding Time
ADPCM Adaptive differential pulse-code modulation
BICC Bearer Independent Call Control
CDMA Code division multiple access
CONATEL Comisión Nacional de Telecomunicaciones
CRC Cyclical Redundancy Character
CSCF Call Session Control Function
DPC destination point code
DSP Digital signal processing
GPRS General Packet Radio Service
GSM Global System for Mobile-Communications
GTT Global title translation
HLR Home Location Register
HSDPA High-Speed Downlink Packet Access
HSS Home Subscriber Server
IETF Internet Engineering Task Force
IM-MGW IP Multimedia Gateway
IMS IP Multimedia Subsystem
INAP The Intelligent Network Application Part
IP Internet Protocol
ISUP The ISDN User Part
ITU International Telecommunications Union
IVR Interactive Voice Response
KBps Kilobytes Per Second
LSP Label Switched Path
LTE Long Term Evolution

M2PA MTP2 User Peer-to-Peer Adaptation Layer
M2UA MTP2 User Adaptation Layer
M3UA MTP3 User Adaptation Layer
MAP Mobile Application Part
Mbps Megabits Per Second
MC MultiPoint Controller
MCU MultiPoint Control Unit
MGCF Media Gateway Controller Function
MGCP Media Gateway Control Protocol
MHz Megahertz
MOS Mean Opinion Score
MPLS Multiprotocol Label Switching
MRF Multimedia Resource Function
MSC Mobile Switching Centre
MSU Message Signal Unit
MTP The Message Transfer Part
NGN Next-generation network
NI Network Indicator
OPC origination point code
OSI Open Systems Interconnection
PAM Pulse Amplitude Modulation
PBX Private Branch Exchange
PCM Pulse Code Modulation
PDH Plesiochronous Digital Hierarchy
POI Point of Interconnection
QoS Quality of Service,
RSVP resource reservation protocol
RTP Real-time Transport Protocol
SCCP Signaling Connection Control Part
SCP Service Control Point

SCTP Stream Control Transmission Protocol
SDH Synchronous Digital Hierarchy
SDP Service Data Point
SGSN Serving Gprs Support Node
SIP Session Initiation Protocol
SLC Signaling Link Circuit
SLS Signalling Link Selection
SMS Short Message Service
SPC Signaling Point Code
SS7 Signaling System 7
STP Signal Transfer Point
SUA Signalling Connection Control Part User Adaptation Layer
TCAP Transaction Capabilities Application Part
TCP Transmission Control Protocol
TDM Time Division Multiplexing
UDP User Datagram Protocol)
UMTS Universal Mobile Telecommunications System
USSD Unstructured Supplementary Services Data
VLR Visitor Location Register
VOIP Voz sobre Protocolo de Internet
VPN Virtual Private Network
WAN Wide area network

INTRODUCCIÓN

Para diciembre de 1999, Digitel contaba con sólo 15 mil usuarios y cerca de 150 estaciones de cobertura que ofrecían una innovadora alternativa de comunicación de la mano de la tecnología GSM. Desde entonces, ha sido pionera en servicios innovadores de la mano de la tecnología más avanzada.

Fue a mediados del año 2006 cuando la Corporación se consolida a nivel nacional, cuando el grupo Telvenco, presidido por el Sr. Oswaldo Cisneros Fajardo, adquiere el 100% de las acciones de la compañía. La compra marca una etapa de expansión, ampliando la cobertura Digitel gracias a la adquisición de las empresas regionales Digicel e Infonet, ubicadas en el oriente y occidente del país, respectivamente.

En 2009 Digitel marca otro hito en su historia al evolucionar a la tecnología HSDPA de 3.5G cumpliendo más de un año de su exitoso lanzamiento comercial.

Digitel ha desplegado esta tecnología en el espectro de los 900 MHz, una iniciativa que convierte a Venezuela en uno de los primeros países del mundo en aprovechar las bondades de la tecnología 3.5G en esta banda de frecuencia.

Para lograr este despliegue, Digitel firmó la adquisición a principios del año 2009 de la concesión de 10 MHz de espectro radioeléctrico en los 900 MHz para operar en las regiones Oriente y Occidente, inversión que ascendió a 26 millones de dólares.

Para el cierre de 2012 Digitel espera contar con 8.5 millones de clientes en voz y se espera cubrir datos en 900 MHz y voz en 1800 MHz en todo el país.

Desde sus inicios Digitel ha sido una empresa innovadora, tras 10 años de grandes satisfacciones, la operadora se prepara para continuar sorprendiendo al

mercado venezolano con la mejor tecnología y la mejor oferta en el campo de las telecomunicaciones en Venezuela.

Debido al crecimiento de los clientes obtenido durante estos últimos años, la empresa está tomando cada vez con mayor seriedad el tema de la calidad de servicio y la disponibilidad de la interconexión con otras redes de telefonía, tanto a nivel nacional como internacional. Concentrando este trabajo en los aspectos técnicos y económicos del proceso de migración de la actual plataforma de interconexión Nacional.

Actualmente Digitel posee varios acuerdos de Interconexión nacional con las principales operadoras del país, CANTV, MOVILNET, MOVISTAR, INTER, 123.COM y NETUNO.

Esta interconexión basada en centrales de telefonía tradicional, señalización (SS7) y voz (Media TDM), es el principal tema de este trabajo, ya que de acuerdo al proceso innovador de la empresa, y las necesidades tecnológicas del mundo actual, es requerido un estudio de factibilidad para la migración hacia el mundo IP, ya que la implementación de soluciones de nueva generación (basadas en IP), además de la convergencia, tiene ventajas para un operador como: reducir y/o eliminar el riesgo operativo de mantener centrales TDM sin soporte, sin repuestos e incluso obsoletas; reducciones de espacio y gastos operativos.

Este estudio va a estar basado en un análisis de tráfico de la red actual, y mediante datos de crecimiento de mercado y productos para los próximos años, permitirá hacer predicciones y así obtener la alternativa de implementación de la plataforma IP. Esta nueva alternativa será evaluada desde el punto de vista técnico y económico, a fin de poder tomar una decisión concreta que puedan ofrecer grandes beneficios tanto a la corporación, como al usuario final, que son los que gozan de los servicios que proveerá dicha red.

CAPITULO I

Planteamiento del problema y Metodología del Proyecto

1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA.

Digitel GSM.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

Digitel GSM es la empresa de telecomunicaciones más innovadora del país, presta servicios de telefonía móvil, básica, pública e inalámbrica; con una oferta única de equipos de última generación y servicios de valor agregado que brindan a sus usuarios mucho más que comunicación. Actualmente, la operadora está consolidada como la primera Red GSM de Venezuela, pionera en servicios innovadores y de avanzada.

El crecimiento de Digitel GSM ha sido sostenido y vertiginoso, contando en la actualidad con más de seis millones de clientes. Desde sus inicios Digitel ha marcado pauta, con innovadoras propuestas que van desde la instauración de un sistema de facturación en segundos, el lanzamiento del servicio de mensajería de texto que luego evolucionó a mensajería multimedia, la incorporación del servicio Oficina Móvil y el programa de lealtad Club Digitel hasta la evolución a la tecnología de 3era generación. Día a día continúa sorprendiendo al mercado con lo mejor del mundo de las comunicaciones.

1.3 VALORES DE LA ORGANIZACIÓN.

Trabajo en Equipo.

Con nuestro aporte y compromiso personal, alineamos nuestros esfuerzos para hacer de nuestro trabajo un logro común, en base a la armonía, la cooperación y el respeto.

Innovación.

Generamos continuamente nuevas ideas, apoyándonos en la tecnología de punta para ofrecer los mejores productos y servicios, lo que nos hace la compañía líder en el mercado de las telecomunicaciones.

Pasión por la Excelencia.

Mantenemos los niveles más altos de calidad en todo lo que hacemos, en la búsqueda constante de perfección en nuestro trabajo, para satisfacer la dinámica de nuestro negocio.

Satisfacción al Cliente.

Satisfacemos a nuestros clientes a través de una comunicación abierta y franca, construyendo relaciones cercanas y duraderas, atendiendo sus necesidades de forma eficiente.

Integridad.

La honestidad y la ética son nuestros pilares fundamentales y puentes de conexión con nuestros compañeros de trabajo, con nuestros clientes y con el mundo.

Compromiso Social.

Desarrollamos iniciativas que contribuyen al desarrollo social y a mejorar la calidad de vida de nuestras audiencias, para dejar una huella en cada uno de los venezolanos.

1.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.

La Vicepresidencia de Operaciones de la Red tiene a su cargo once gerencias, entre las cuales se encuentra la Gerencia de Interconexión y Roaming. Esta a su vez está formada por la Supervisión de Interconexión y Roaming, la cual se encarga de todos los temas técnicos referidos con el tema de la interconexión nacional e internacional de la corporación.

Actualmente la empresa presenta grandes cambios en su estructura, por lo tanto la gerencia de Interconexión y Roaming, por órdenes de la Presidencia ejecutiva, pasa a trabajar bajo la supervisión de la Vicepresidencia ejecutiva de Administración y Finanzas, sin sufrir ningún tipo de cambios en la parte operativa de la red.

En el Anexo I se muestra en forma jerárquica las ramas que componen la VP de operaciones de la red.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Durante mucho tiempo, la industria de las telecomunicaciones ha luchado contra el problema de cómo debería evolucionar y utilizarse la tecnología actual. Las redes de telecomunicaciones necesitan reestructurarse en los próximos años para enfrentarse tanto a la demanda creciente de tráfico de voz y datos, como a los nuevos servicios, mientras se reducen los costos de operación e inversión.

Actualmente, la corporación Digitel, para el caso de la interconexión nacional con terceras operadoras utiliza la conmutación de circuitos, con la cual se establece una ruta fija entre el transmisor y el receptor. Este tipo de conmutación, si bien proporciona calidad de servicio no brinda la confiabilidad necesaria, ya que depende de la cantidad de canales disponibles en una ruta determinada.

Como opción a este tipo de comunicación, se tiene la conmutación de paquetes con la cual se obtiene una mayor confiabilidad debido a la existencia de una ruta que puede variar según el estado de la red permitiendo así, evitar congestiones o problemas que se pudieran dar dentro de esta.

En esta fase de transición, la compañía debe definir una estrategia para una evolución desde las redes actuales a la nueva estructura de redes, que permitan al mismo tiempo, aprovechar lo más pronto posible las ventajas de la arquitectura de

Redes IP. Por lo tanto, cualquier paso tomado durante esta transición, debería facilitar la evolución final de las redes a la arquitectura de Redes de Próxima Generación.

Las Redes de Próxima Generación se basan en la conmutación de paquetes permitiendo proporcionar servicios de voz y otros como datos y video por una misma red a costos razonables debido a la unificación de estas redes.

A través de las redes cuyo nivel de transporte se basa en IP, se pueden transportar los servicios mencionados anteriormente, trasladando el esquema tradicional de comunicación de voz, al mundo de las redes de datos unificando los servicios en una sola red y reduciendo los costos de mantenimiento y el gasto por llamadas dentro y fuera de la red corporativa.

Comparadas con las redes de conmutación de circuitos, las redes IP resultan menos caras de construir y mantener, no requieren de un canal dedicado para la voz. En lugar de eso, el ancho de banda está disponible para el transporte de voz, video y datos de forma simultánea.

Es por ello la necesidad de la Empresa de mantenerse a la vanguardia en la prestación de servicios de alta tecnología, y lograr implementar una plataforma de VoIP en el plano de la interconexión con los otros operadores a nivel nacional, lo cual permitirá incrementar los ingresos, mejorar el tráfico y reducir los costos de mantenimiento.

1.6 JUSTIFICACIÓN.

La presente investigación se realizará principalmente por el hecho de que la corporación Digitel necesita tomar una decisión en estos momentos, sobre la conveniencia de realizar una migración de la actual plataforma TDM de interconexión por una nueva plataforma basada en tecnología IP, que le garantice:

crecimiento en nuevos servicios, reducción de costos de inversión y mantenimiento, y ofrecer servicios competitivos.

La importancia de este trabajo radica en la posibilidad de ofrecer una contribución en cuanto a los aspectos técnicos, legales y económicos, para lograr el objetivo principal, definido por la propuesta de migración de tecnologías.

El desarrollo de la tecnología IP para el transporte de voz forma parte de un proceso evolutivo dentro del campo de las telecomunicaciones. Esta tecnología ocasiona la aparición acelerada de nuevos servicios de interconexión con los otros operadores, que actualmente no se ofrecen, lo que ocasiona a su vez un crecimiento muy rápido de esta tecnología.

1.7 OBJETIVO GENERAL.

Elaborar una propuesta técnica y económica para la sustitución de la actual red TDM de interconexión nacional por una plataforma de Voz sobre IP (VoIP).

1.8 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Realizar un levantamiento de información de la situación actual de la red de Digitel, desde el punto de vista de tráfico, puntos de interconexión, medios de transmisión.

Desarrollo del análisis de tráfico respectivo, tomando en cuenta la demanda de servicios para los próximos tres años.

Definir las posibles alternativas, considerando los principios de construcción de la red, tales como: Integridad, Flexibilidad, Calidad de Servicio (QoS), confiabilidad y costo.

Presentar la mejor alternativa desde el punto de vista técnico y económico.

1.9 ALCANCE Y LIMITACIONES.

- a) El estudio incluye todos los puntos de interconexión a nivel nacional.
- b) En el estudio de tráfico se incluye el análisis de las troncales E1, enlaces SDH y PDH, y Fibra óptica rentadas a terceros.
- c) Existe la limitante de que alguna de las operadoras interconectadas actualmente no acepte la propuesta de la interconexión basada en IP, ó no tenga adecuada su plataforma para esta tecnología.

1.10 METODOLOGÍA.

1.10.1 Diseño de la Investigación.

Las investigaciones que se realizan en un campo de conocimiento específico pueden incluir diversos tipos de estudio en las distintas fases de su desarrollo, como es el caso de esta propuesta. En el mismo se efectuarán revisiones de fuentes bibliográficas (libros, manuales, artículos) y de páginas WEB referidas al tema, característica ésta, que define a la investigación de tipo *documental*. La necesidad de un amplio conocimiento en el área de redes, transmisión de datos, telecomunicaciones y la manipulación adecuada de la información recopilada en la parte documental, define a esta investigación como una investigación *descriptiva*. Una fase importante dentro del proyecto es la factibilidad de la implementación de la red, por ende la investigación es *aplicada*.

1.10.2 Área de la Investigación.

La investigación se desarrollará a nivel nacional, tomando en cuenta la configuración actual de la red de Digitel, en sus principales centros de conmutación, Caracas, Valencia, Maracaibo, San Cristóbal, Barquisimeto y Puerto La Cruz.

1.10.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Las técnicas empleadas para la recopilación de información se basan principalmente en la consulta al personal clave en la toma de decisiones conformado

por las distintas coordinaciones de los departamentos involucrados, tales como: Planificación, Transmisión, Conmutación, Implementación, Interconexión, etc.

También se pueden obtener datos de gran importancia consultando en Internet, en contacto directo con los fabricantes de los equipos, y realizando un proceso de levantamiento de datos mediante los distintos paquetes de gestión remota que son utilizados actualmente en la empresa.

1.10.4 Fases de la Investigación.

La primera etapa o fase, está representada por el levantamiento de información de tráfico actual, armando de ésta manera una matriz de tráfico confiable, para luego con la demanda de los servicios, ancho de banda, calidad de servicio, entre otros, poder diseñar las alternativas posibles según la visión de negocio que tendrá la Corporación Digitel para los próximos años.

Una segunda fase, basada en la anterior y representada por el proceso de análisis de cada una de las alternativas, desde el punto de vista técnico y económico, tiene como finalidad la de presentar la mejor propuesta para la migración de la plataforma TDM a VoIP, conforme a los términos establecidos en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, reglamentos de interconexión y demás normas aplicables.

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1. ANTECEDENTES.

Para comenzar a desarrollar la presente investigación fue necesario revisar, analizar y seleccionar algunos documentos y Trabajos de Grado de distintas áreas, cuyo contenido está relacionado directa o indirectamente con el problema de esta investigación. Como referencia, algunos de ellos se mencionan a continuación:

- ``Modelo de migración de redes multiplexadas TDM a redes multiservicio basadas en voz sobre IP.``

Presentado Por: Marisela Vargas

Año: 2003

La mencionada investigación, concluyó que el mercado actual de telecomunicaciones está centrado en el suministro de servicios del usuario final (voz, datos y video). Los cuales son tomados en cuenta en las plataformas integradas de red donde se obtienen un ambiente de alta seguridad de los datos, además de un alta confiabilidad de los servicio. Este trabajo de grado sirve de guía para el desarrollo de nuestra investigación sobre la migración de la plataforma de interconexión de Digitel a VoIP, ya que dentro de sus conclusiones mencionó que la implementación de una red VoIP sería una estrategia de migración óptima hacia redes multiservicio.

- ``Factibilidad técnica para migración de la red TDM internacional de CANTV a voz sobre IP.``

Presentado Por: Maribel Escalante

Año: 2004

Este trabajo de grado, concluyó que la rentabilidad en la utilización de soluciones IP se basa en el desarrollo de nuevos servicios, los cuales prestados a través de la red disponible y convencional resultarían en una implantación muy complicada y costosa.

También se considera que la adaptación de estas nuevas plataformas exigirá, dado su carácter emergente y en proceso de evolución constante, de actualizaciones en el hardware y software que implicarán costos adicionales. De igual manera se menciona que la implantación de un red IP es un alternativa para competir y liderizar en el mercado en servicios emergentes.

- “Metodología para el diseño de una red VOIP de alto tráfico y QoS.”

Presentado Por: Rogelio Rodríguez

Año: 2006

En este trabajo de grado, se presenta una metodología de dimensionamiento para redes IP, la cual se utiliza como base para desarrollar herramientas de cálculo automatizadas, que permite calcular el tráfico VoIP de una red y sus componentes, y así poder definir enlaces y capacidad de los equipos. Este trabajo fue de gran importancia para el proyecto, ya que aporta información muy valiosa acerca del cálculo de ingeniería tráfico necesario para el dimensionamiento de la red.

2.2. TECNOLOGÍA TDM.

Un multiplexor (mux) basado en TDM empaqueta un conjunto de información (tramas de bits) de diferentes fuentes en un solo canal de comunicación en ranuras de tiempo diferentes. En el otro extremo estas tramas son otra vez re ensambladas (des multiplexadas) y llevadas a su respectivo canal. Debido a que los mux TDM manejan tramas de bits, son capaces de comprimir la información al eliminar redundancias en los paquetes, muy útil en el caso de aplicaciones de voz.

En resumen, los multiplexores optimizan el canal de comunicaciones, son pieza importante en las redes de transporte y ofrecen características como: Permitir que varios dispositivos compartan un mismo canal de comunicaciones, minimizar los costos de las comunicaciones, al utilizar una sola línea privada para comunicación entre dos puntos, y la capacidad para compresión de datos que permite la eliminación de bits redundantes para optimizar el ancho de banda.

Las redes de transporte de la actualidad incluyen dos principales infraestructuras. La PDH y las SDH/SONET. Ambas son modelos de redes de conmutación de circuitos basados en voz que transportan millones de circuitos entre varios puntos de conmutación.

La infraestructura PDH.

PDH define un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambres (uno para transmitir, otro para recibir) y un método de multiplexación por división de tiempo (TDM) para interpolar múltiples canales de voz y datos digitales.

Existen tres conjuntos diferentes de estándares PDH utilizados en las telecomunicaciones mundiales, los cuales se muestran en la figura 1.

Europea		Norte Americana		Japonesa
Trama	kbit/s	Trama	kbit/s	kbit/s
E1	2.048	T1/DS1	1.544	1.544
E2	8.448	T2/DS2	6.312	6.312
E3	34.368	T3/DS3	44.736	32.064
E4	139.264	3xT3	139.264	97.728
E5	564.992	T4	274.176	

La jerarquía europea es la más utilizada a nivel mundial

Figura 1. Tipos de Estándares TDM

En nuestro país solo utilizamos el formato de transmisión Digital de 32 canales (E1).

La infraestructura SONET/SDH.

SONET es el estándar norteamericano (Estados Unidos/Canadá) de transmisión de fibra óptica, mientras que SDH es el estándar europeo. Los sistemas de transmisión SONET/SDH son diseñados para sobrellevar las deficiencias de compatibilidad de los sistemas de transmisión PDH. La estructura escalable de SDH/SONET permite también la incorporación de otras tecnologías de redes ópticas y de banda ancha. [1]

A continuación se muestran los niveles de la jerarquía SDH.

Denominación	Calculo	Bit Rate
STM-1	$8000 \times (270 \text{ octetos} \times 9 \text{ filas} \times 8 \text{ bits})$	155Mbps
STM-4	$4 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 9 \text{ filas} \times 8 \text{ bits})$	622Mbps
STM-16	$16 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 9 \text{ filas} \times 8 \text{ bits})$	2.5Gbps
STM-64	$64 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 9 \text{ filas} \times 8 \text{ bits})$	10Gbps
STM-256	$256 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 9 \text{ filas} \times 8 \text{ bits})$	40Gbps

Figura tomada de: <http://www.eveliux.com/mx/red-de-transporte.php>. Consultado en fecha 28/11/11.

Figura 2. Jerarquía SDH.

2.3. TRÁFICO TELEFÓNICO.

El tema básico de tráfico telefónico es el dimensionamiento del Sistema, en lo que respecta a la cantidad de equipos necesarios para cursar las llamadas ofrecidas, de manera económica, y dentro de los parámetros de Calidad de Servicios aceptables, desde el punto de vista de los usuarios. Esto también aplica al dimensionamiento de las rutas.

El problema sería de fácil solución si las llamadas surgieran de manera ordenada, y tuvieran duración constante. Pero esto no ocurre en la práctica, ya que las necesidades de comunicación de las personas, así como la duración de las mismas, están sujetas a fluctuaciones aleatorias. En este punto es que la teoría de probabilidades tiene amplia aplicación en la teoría de tráfico telefónico, suministrando los medios necesarios para la construcción de los modelos matemáticos que tratan la solución del problema.

La teoría de tráfico intenta obtener estimaciones útiles, como son por ejemplo el número de canales necesarios en una celda. Estas estimaciones dependen del sistema seleccionado y el comportamiento asumido ó real de los suscriptores. Generalmente el tráfico se refiere a la utilización del equipo de telefonía en una celda, como son troncales, rutas o canales. Existen dos (2) tipos principales de mediciones de tráfico: Voz y Señalización.

2.3.1. Intensidad y unidades del tráfico.

A pesar de que la intensidad de tráfico es adimensional, nada impidió que se le asignara el nombre de Erlang, en honor del matemático danés A. K. Erlang, donde un Erlang es el equivalente a una llamada (incluyendo intentos de llamadas y tiempo de retención) en un canal específico con una duración de 3600 segundos. Por ejemplo, si un usuario en el sistema GSM ocupa una interfaz de aire continuamente durante una hora, se ha generado 1 Erlang de tráfico.

De forma alternativa, un Erlang puede ser considerado como "multiplicador de utilización" por unidad de tiempo, así un uso del 100% corresponde a 1 Erlang, una utilización de 200% son 2 Erlang, y así sucesivamente. Por ejemplo, si el uso total del móvil en un área por hora es de 180 minutos, esto representa $180/60 = 3$ Erlang. Esto puede ser usado para determinar si un sistema está sobredimensionado o se queda corto (tiene demasiados o muy pocos recursos asignados).

Otra unidad común de tráfico es Centum Call Second (CCS). Donde $1 \text{ CCS} = 1/36 \text{ Erlang}$. Ambas unidades pueden expresar la capacidad de tráfico por hora, estos términos pueden ser usados para describir la eficiencia o la ocupación de la unidad que suministra la capacidad de tráfico. La capacidad de una troncal es 1 Erlang ó 36 CCS con una eficiencia de 100%. Sin embargo, ningún dispositivo debería operar con una eficiencia de 100%, porque esto causa bloqueo como resultado de congestión. Por ejemplo un operador podría elegir ó acondicionar la operación de sus dispositivos con aproximadamente en 70% de eficiencia.

La intensidad de tráfico, por definición, es el promedio de llamadas realizadas simultáneamente durante un periodo particular de tiempo. El divisor dependerá directamente del periodo T, siendo de 3600 para el Erlang. En la fórmula se utiliza un parámetro de vital importancia denominado “Average Call Holding Time”, ACHT, el cual es el promedio de duración de cada llamada.

$$\text{Erlang} = \frac{\text{Numero de llamadas} * \text{ACHT (seg)}}{3600}$$

Figura 3. Formula de Erlang

2.3.2. Grado de servicio.

El grado de servicio, GoS por sus siglas en inglés “Grade of Service”, está definido como la probabilidad de que una llamada falle. Por lo tanto, un sistema de comunicación con todos los canales ocupados rechazará, debido a la congestión, a cualquier llamada adicional a las anteriores, es por ello que existirán llamadas pérdidas en el proceso de transmisión. El rango del GoS varía de 0 hasta 1; siendo un grado de servicio ideal igual a 0 en un sistema de comunicación. Esto debido a que todas las llamadas entrantes tendrán la disponibilidad de un canal. Al contrario un grado de servicio igual a 1 tendrá todos los canales ocupados y por lo tanto no se obtendrá ningún servicio. Es por esto que un buen grado de servicio es esencial para obtener un sistema que no esté sub ni sobredimensionado, es decir sea eficiente y rentable, para nuestros cálculos, se utiliza un grado de servicio del 0.01.

2.3.3. Variaciones en la Intensidad del tráfico.

El tráfico varía de acuerdo a las necesidades de los clientes. Estas variaciones son distintas dependiendo el mes, día y hora en que se está brindando el servicio de telefonía. Debido a que toda la ingeniería del tráfico se encuentra basada en el promedio de la hora-ocupada, y luego de varios análisis se ha determinado que el tráfico entre las 6 y 7 de la mañana no es tan pronunciado como lo es a las 10 horas, sin embargo alrededor de la hora del almuerzo vuelve a disminuir; mientras que de 2

a 4 de la tarde el tráfico crece estrepitosamente, bajando de manera gradual en la noche hasta que a las 22 horas el tráfico disminuyó notablemente.

La figura No.4 (Tráfico Telefónico Diario) y No.5 (Tráfico Telefónico Semanal), fueron extraídas del software de monitoreo en tiempo real de la plataforma de VoIP para las llamadas internacionales de la corporación, donde se muestra la distribución diaria típica del tráfico telefónico.

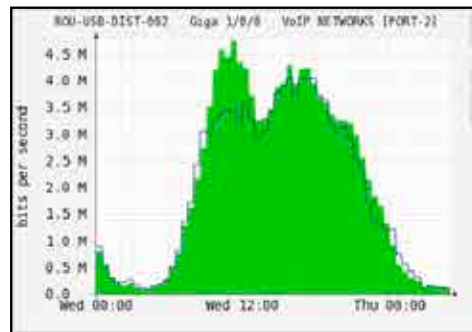


Figura tomada de: Plataforma de monitoreo de VoIP de Digitel.

Figura 4. Tráfico telefónico diario.

En cuanto a los días de la semana, el tráfico con mayor intensidad se presenta entre los días lunes y viernes, siendo el domingo el día con menor demanda de servicio telefónico.

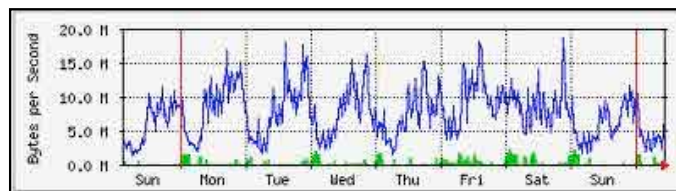


Figura tomada de: Plataforma de monitoreo de VoIP de Digitel.

Figura 5. Tráfico telefónico semanal.

2.3.4. Tablas de distribución.

La teoría matemática de Tráfico telefónico, crea para su aplicación práctica, unos modelos matemáticos con los que trata de explicar el fenómeno. Estos modelos involucran los procesos de aparición de las llamadas y la duración de las mismas.

Con estos modelos se crean fórmulas que relacionan la probabilidad de pérdidas o demora con: la Intensidad de Tráfico, con el número de fuentes, y con el

número de órganos. Estas fórmulas se conocen con el nombre de DISTRIBUCIONES, y en ellas se apoyan fundamentalmente el cálculo de órganos y circuitos.

Como ya fue mencionado, los sistemas telefónicos son diseñados de tal manera que aún en períodos de tráfico pesado, las horas pico, las llamadas hechas por los abonados tengan un buen chance de éxito. El equipo de Cx, y el número de enlaces a ser provistos para manejar este tráfico, son normalmente calculados buscando minimizar las pérdidas.

Actualmente se utilizan diferentes tablas de distribución como lo son Erlang B, Erlang B extendido, Erlang C y Poisson; sin embargo actualmente existen otras propuestas debido a muchos factores como lo son las costumbres, el uso, la tecnología, etc. Entre las nuevas propuestas están: la de Erlang K, JK y K-2, la de exponencial desplazada, logaritmo normal, entre otras.

2.3.5. Fórmula de Erlang B.

En el presente trabajo, la tabla de distribución a utilizar es el modelado de tráfico de Erlang B, en donde las llamadas que son bloqueadas nunca regresan a la troncal original. Esta distribución es usada para el dimensionamiento de troncales de alto uso con encaminamiento alternativo, es decir cuando las demandas bloqueadas son ofrecidas otro grupo de enlaces (reencaminadas). Sus premisas fundamentales son que las demandas son servidas en orden aleatorio (Patrón aleatorio), hay un número infinito de fuentes de tráfico y las llamadas bloqueadas son eliminadas, (el usuario solo hace un intento, si los vínculos están ocupados la demanda es reencaminada).

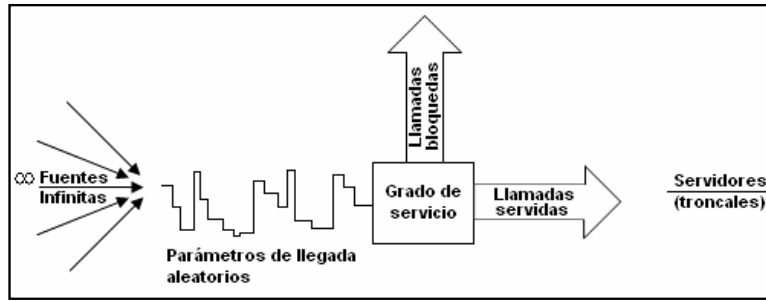


Figura tomada de: Trafico en telefonía, pág. 12. Sin autor.

Figura 6. Diagrama de Distribución de Erlang B

La fórmula de Erlang B se muestra a continuación:

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

Figura tomada de: <http://owenduffy.net/traffic/erlangb.htm>. Consultado en fecha 12/12/11.

Figura 7. Formula de Erlang B

Donde:

B: es la probabilidad de pérdida de Erlang B

N: número de enlaces con accesibilidad total

A: Tráfico ofrecido al grupo en Erlang.

Erlang B asume una población infinita de orígenes (como usuarios de telefonía), la cual ofrece tráfico en conjunto a N enlaces. La fórmula calcula la probabilidad de bloqueo en una pérdida del sistema, si un requerimiento no es atendido inmediatamente cuando trata de utilizar un recurso, y este es abortado. Por lo tanto no son encolados. El bloqueo ocurre cuando hay un nuevo requerimiento de recursos, pero todos los servidores ya están ocupados. La fórmula asume que el tráfico que es bloqueado se libera inmediatamente.

La fórmula Erlang B se aplica a los sistemas con pérdidas, tales como sistemas telefónicos tanto fijos como móviles, que no ofrecen almacenamiento de llamadas (es decir, no permiten dejar la llamada "en espera"), y no se pretende que lo hagan. [2]

En el Anexo II, se muestran las tablas de distribución de Erlang B, necesarias para el cálculo de troncales

2.4. SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN SS7.

Los nodos de las redes GSM utilizan el sistema de señalización número 7 (SS7) para intercambiar información relativa al control de llamadas, información de control de la movilidad de los usuarios y también para transportar los mensajes de texto intercambiados entre usuarios (SMS, de *Short Message Service*).

El sistema SS7 surgió dentro del entorno de la telefonía fija. Fue necesario crear un nuevo protocolo (MAP) para añadirle las funcionalidades requeridas por las redes GSM, tales como consulta a registros de usuarios. Basándose en estas nuevas funcionalidades se implementó el servicio de envío de mensajes de texto de móvil a móvil (SMS). Sin embargo, tanto las nuevas funcionalidades como las originales, utilizan como base el protocolo de transporte de señalización MTP, diseñado para unas redes con un tráfico de señalización mucho menor que el de las redes móviles.

2.4.1. Arquitectura de la red SS7.

El sistema SS7 consiste básicamente en una red de transporte de mensajes cuyos usuarios son nodos de conmutación. Esta red de transporte de señalización es paralela a la red de conmutación que forman los nodos que la utilizan, y su topología es, en general, completamente diferente. La Figura 8 muestra un esquema de red SS7 de una red GSM, con los componentes fundamentales

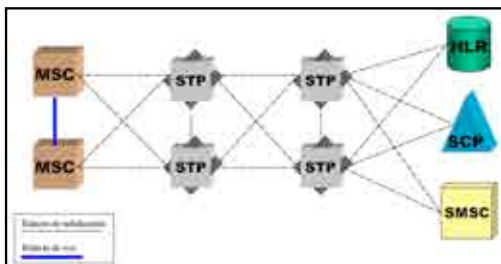


Figura 8. Esquema de Red SS7 en una red GSM.

SS7 puede emplear diferentes tipos de nodos y enlaces.

a) Tipos de nodos

Se tienen tres diferentes elementos de señalización:

Service Switching Point (SSP).

Es una central de conmutación de voz que posee funcionalidades SS7 con el fin de originar y terminar mensajes señalización pero no transferirlos. Mediante estos mensajes, puede realizar la conexión de una llamada así como consultas a la base de datos de la red.

Signal Transfer Point (STP).

Es el encargado de la transferencia de los mensajes SS7 entre nodos según la información contenida en los mensajes de señalización actuando como un enrutador. Este elemento no genera mensajes SS7.

Service Control Point (SCP).

Actúa como interface entre la base de datos y la red SS7 el cual es consultado por el SSP a través del STP. El SCP es utilizado para la provisión de diferentes servicios como HLR y VLR en telefonía celular, Global Title Translation, Portabilidad Numérica, entre otros.

Estos nodos son identificados con direcciones numéricas llamadas Códigos de Punto (Point Codes) únicos por cada elemento. Entre estos identificadores se tienen OPC (Código de Punto del nodo origen) y DPC (Código de Punto del nodo destino) los cuales se especifican en el intercambio de mensajes SS7.

b) Tipos de enlaces

La señalización se realiza fuera de banda mediante el intercambio de mensajes a través de canales bidireccionales de 64 Kbps llamados enlaces de señalización. Según los elementos que estos interconecten, se tienen los siguientes tipos de enlaces:

- Enlace A: enlace de acceso (Access) que conecta un STP con un elemento final de señalización (SCP o SSP). Sólo transmite mensajes originados desde o enviados hacia este último.
- Enlace B: enlace puente (bridge) que conecta un STP con otro STP de otra red.
- Enlace C: enlace cruzado (Cross) que conecta dos STP que realizan la misma función.
- Enlace D: enlace diagonal (diagonal) que conecta un STP primario a un secundario.
- Enlace E: enlace extendido (extended) que conecta un SSP con un STP alternativo el cual se utiliza en caso de falla en el enlace A.
- Enlace F: enlace totalmente asociado (fully Associated) que conecta dos elementos finales de señalización. Estos enlaces no son utilizados en redes donde se utilizan STP.

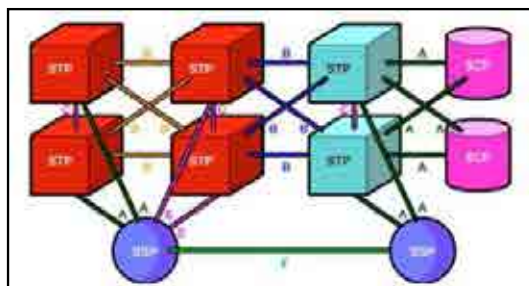


Figura tomada de: SS7. Ana Lobo Castañón. Pág. 17.

Figura 9. Tipos de enlace SS7

2.4.2. Capas del Protocolo SS7.

Lo fundamental en una red SS7 es el protocolo de transferencia de mensajes de señalización (MTP). Este protocolo comprende los niveles dos y tres del modelo OSI, y sobre él se transmite toda la señalización de todas las redes de conmutación de circuitos tradicionales, tanto de operadores de telefonía fija como de telefonía móvil.

A continuación se muestran los distintos niveles que conforman el modelo de señalización SS7.

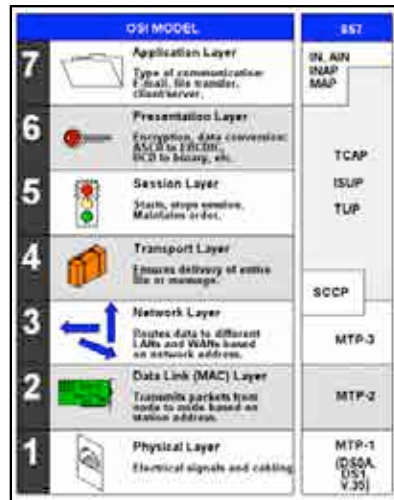


Figura tomada de: <http://chandusday.hubpages.com/hub/Telecomera>. Consultado en fecha 07/09/11.

Figura 10. Analogía Modelo OSI – SS7.

Message Transfer Part (MTP).

Se divide en tres niveles diferentes los cuales tiene la función de transportar la información de un elemento de señalización a otro.

MTP1.

Equivalente a la capa Física OSI el cual define las características físicas, eléctricas y funcionales del enlace de señalización. Incluye interfaces E1, DS-1, V.35, DS-0, etc.

MTP2.

Equivalente a la capa de Enlace OSI. Este nivel asegura la transferencia confiable de mensajes mediante la implementación de control de flujo y monitoreo y corrección de errores.

MTP3.

Equivalente a la capa de Red OSI. Provee el enrutamiento de los mensajes SS7 entre los diferentes nodos de la red según la información del OPC y DPC. También es el encargado del re-enrutamiento de tráfico en caso de fallas o congestión.

ISDN User Part (ISUP).

Define el protocolo usado para el establecimiento, gestión y liberación de canales de voz correspondientes a llamadas telefónicas, entre diferentes centrales. Llamadas originadas y terminadas en una misma central, no utilizan este protocolo.

Telephone User Part (TUP).

Utilizado para el establecimiento y finalización de llamadas. Debido a que sólo soporta circuitos analógicos, actualmente, ha sido reemplazado por ISUP.

Signaling Connection Control Part (SCCP).

Protocolo empleado para el soporte de señalización de consultas a un SCP. Es utilizado como nivel de transporte para servicios TCAP.

Transaction Capabilities Applications Part (TCAP).

Transporta consultas y respuestas entre un SSP y un SCP permitiendo la comunicación entre diferentes aplicaciones como GTT (Global Title Translation), Portabilidad Numérica, entre otros. [3]

2.5. TELEFONÍA IP.

El crecimiento y fuerte implantación de las redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir telefonía sobre IP lo que no significará en modo alguno la desaparición de las redes telefónicas TDM, sino que habrá, al menos temporalmente, una fase de coexistencia entre ambas, y por supuesto la necesaria interconexión mediante pasarelas (Gateway), denominadas genéricamente pasarelas VoIP.

El concepto original es relativamente simple: se trata de transformar la voz en "paquetes de información" manejables por una red IP.

La voz puede ser obtenida desde un teléfono común: existen Gateway (dispositivos de interconexión) que permiten intercomunicar las redes de telefonía tradicional con las redes de datos. De hecho, el sistema telefónico podría desviar sus llamadas a Internet para que, una vez alcanzado el servidor más próximo al destino, esa llamada vuelva a ser traducida como información analógica y sea transmitida hacia un teléfono común por la red telefónica tradicional. Vale decir, se pueden mantener conversaciones teléfono a teléfono.

2.5.1. Voz sobre IP.

La telefonía IP también llamada Voz sobre IP se puede definir como la transmisión de paquetes de voz utilizando redes de datos, la comunicación se realiza por medio del protocolo IP, permitiendo establecer llamadas de voz y fax sobre conexiones IP (Redes de Datos Corporativos, Intranets, Internet, etc.), obteniendo de esta manera una reducción de costos considerables en telefonía.

2.5.2. Protocolos de internet.

El Protocolo de Internet, es un protocolo orientado de datos, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de estos a través de una red de paquetes conmutados. Los datos en una red que se basa en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas. El Protocolo de Internet provee un

servicio de datagramas no fiable (también llamado del mejor esfuerzo (best effort), lo hará lo mejor posible pero garantizando poco).

Si la información a transmitir ("datagramas") supera el tamaño máximo negociado en el tramo de red por el que va a circular, podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y re-ensamblada luego cuando sea necesario. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de cómo estén de congestionadas las rutas en cada momento.

2.5.3. Protocolos de señalización para VoIP.

En este caso se analizarán de forma general los protocolos de señalización relativos al tráfico de multimedia más utilizados, es decir: H323, SIGTRAN, H248 y SIP.

2.5.3.1.H323

H.323 es una familia de estándares definidos en 1996 por el ITU para las comunicaciones multimedia sobre redes LAN. Se compone por un protocolo sumamente complejo y extenso, el cual además de incluir la voz sobre IP, ofrece especificaciones para vídeo-conferencias y aplicaciones en tiempo real, entre otras variantes. El protocolo H.323 comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación.

Arquitectura del protocolo H.323.

Dentro de H.323 se incluyen todo un conjunto de protocolos perfectamente integrados, a su vez está conformado por una pila de protocolos H.323 que toman parte en el establecimiento y mantenimiento de conferencias multimedia, tales como: Q.931 para el establecimiento de llamada, H.225 para la señalización, H.245 para la negociación de capacidades y el establecimiento de canales, H.450.x para la definición de servicios suplementarios (Call Park, Call Pickup, Call Hold, Call Transfer, Call Diversion), RAS para el registro de terminales y el control de

admisión, RTP/RTCP para el transporte y secuenciación de los flujos multimedia, G.711/G.712/G.723/G.728 y G.729 para la especificación de los Codecs.

Componentes de H.323.

H.323 establece los estándares para la compresión y descompresión de audio y vídeo, asegurando que los equipos de distintos fabricantes se interconecten. Así, los usuarios no se tienen que preocupar de cómo el equipo receptor actúa, siempre y cuando cumpla este estándar. [4]

Las entidades básicas definidas por el protocolo H.323 son: Terminales, Gateway, Gatekeeper, y MCU's

2.5.3.2. SIGTRAN.

SIGTRAN, es el nombre del grupo de trabajo del IETF encargado de definir una arquitectura para el transporte de señalización en tiempo real sobre redes IP. A raíz de ello, no sólo se creó una arquitectura, sino que se definió un conjunto de protocolos de comunicaciones para transportar mensajes SS7 sobre IP.

Arquitectura de los protocolos SIGTRAN.

La arquitectura definida por el SIGTRAN consta de tres componentes:

- IP estándar como protocolo de red.
- Un protocolo común de transporte de señalización SCTP.
- Capas de adaptación específicas para cada capa del modelo SS7 que se necesite transportar. El IETF ha definido las siguientes: M2PA, M2UA, M3UA, SUA, TUA e IUA.

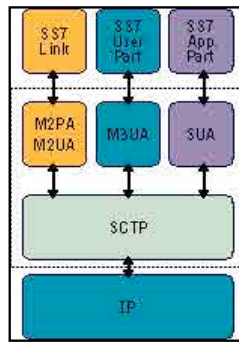


Figura tomada de: <http://www.webb-consult.com/sip.nsf/html/Sponsors+Ulticom>. Consultado en fecha 01/12/11.

Figura 11. Arquitectura de protocolos SIGTRAN.

Inconvenientes de los protocolo de transporte sobre IP.

Los protocolos utilizados para el transporte sobre IP, TCP y UDP, se diseñaron como protocolos de propósito general, y presentan ciertas limitaciones que les hacen inadecuados para transportar señalización SS7, debido a las características de este tráfico.

Inconvenientes de UDP.

Las características de UDP que lo hacen inadecuado para el transporte de señalización SS7 son: no soporta acuse de recibo de los mensajes, no garantiza entrega ordenada de los mensajes, y no incorpora mecanismos de seguridad.

Inconvenientes de TCP.

TCP es muy sensible a retardos provocados por un fallo de transmisión en algún mensaje TCP. Cuando esto ocurre, TCP no envía más datos del flujo de octetos hasta que se confirma la entrega correcta del mensaje que se transmitió con errores. La consecuencia de esto es que si se utiliza TCP para enviar mensajes ISUP entre dos centrales de conmutación, y uno de los mensajes, correspondiente a una llamada concreta, se transmite con errores, todos los mensajes ISUP, correspondientes a todas las llamadas, tendrían que esperar hasta que se retransmitiera correctamente el mensaje erróneo.

SCTP.

Debido a los inconvenientes mencionados de TCP y UDP, el SIGTRAN definió el protocolo SCTP, cuyas principales características son las siguientes:

- Es un protocolo punto a punto. Se establece intercambio de datos entre dos extremos conocidos.
- Define tiempos de reintento mucho menores que los de TCP.
- Se adapta a la tasa de transferencia, disminuyendo la velocidad de envío de datos en caso de congestión en la red.
- Permite compactar varios mensajes de señalización en un mismo mensaje SCTP.
- Está orientado a mensajes, y define tramas de datos estructurados, al contrario que TCP, que transporta secuencias de octetos no estructuradas.

M2PA.

MTP2 User Peer-to-peer Adaptation, es un protocolo de adaptación entre MTP3 y SCTP permitiendo el transporte de mensajes SS7 MTP sobre IP. Con este protocolo, es posible mantener la topología original de la red SS7.

M2UA.

MTP2 User Adaptation, permite el intercambio de información de señalización entre el nivel MTP3 de un MGC y el nivel MTP2 de un SG. De esta forma, el nivel MTP3 del MGC es el usuario del nivel MTP2 en el SG, incluso, siendo estos remotos.

M3UA.

MTP3 User Adaptation, provee conexión remota entre el nivel MTP3 en el SG y las aplicaciones (ISUP o SCCP) en el MGC. Esta capa remueve todas las capas MTP del protocolo SS7 permitiendo que se haga un uso más eficiente de la red IP. En general, M3UA se utilizará como medio de transporte de mensajes entre la capa

usuario de MTP-3 (SCCP o ISUP) de un punto de señalización IP y la capa MTP3 de un SGW remoto.

El 3GPP ha decidido utilizar este protocolo de adaptación en las siguientes versiones de red UMTS, lo que hace que sea especialmente interesante utilizarlo para adaptar nodos UMTS o GSM con señalización IP a la red de señalización de una red GSM ya establecida de un operador con licencia GSM y UMTS. Esto permite, por ejemplo, utilizar los mismos HLR's para usuarios UMTS y GSM.

SUA.

SUA son las siglas de *SCCP User Adaptation Layer*. Es un protocolo de adaptación de los usuarios de SCCP (TCAP, RANAP, etc.) a SCTP.

La principal ventaja de SUA es que es la capa de adaptación que elimina más capas de la red SS7, y por ello resulta más eficiente en cuanto al uso del ancho de banda IP. Además, los nodos IP con SUA son más simples que los nodos con otras capas de adaptación a SCTP, y por ello más baratos.

El inconveniente fundamental de SUA es que no puede transportar ISUP. Por ello, para facilitar la interconexión entre operadores directamente en IP, el 3GPP ha optado por la utilización de M3UA como protocolo estándar de señalización en el núcleo de red UMTS, dejándose SUA como alternativa interna a cada red de adaptación para nodos de tipo base de datos. [5]

2.5.3.3. PROTOCOLO H.248 (MEGACO).

H.323 y SIP se desarrollaron teniendo como objetivo el desarrollo de terminales que estuvieran directamente conectados a la red IP e intercambiaran tráfico de voz directamente entre sí o bien con terminales tradicionales (conectados a redes conmutadas) mediante el uso de pasarelas. El objetivo inicial de MEGACO fue la utilización de redes de paquetes como backbone para la transmisión de tráfico de voz

originado por redes tradicionales. Los operadores tradicionales fueron uno de los que mayor interés han mostrado en esta propuesta, pensando en integrar progresivamente sus redes de telefonía basadas en conmutación de circuitos y sus redes de datos basadas en conmutación de paquetes en una red homogénea que transportará ambos tipos de tráfico (voz y datos) y que fuera transparente a los usuarios finales. MEGACO resuelve este problema dividiendo las pasarelas en tres entidades diferentes:

- Controlador de Medios (Media Gateway Controller –MGC-), que proporciona la señalización H.323 o SIP y realiza el mapping entre la señalización de redes tradicionales y las redes de paquetes.
- Pasarela de Medios (Media Gateway –MC-), que proporciona la adaptación de medios y/o las funciones de transcodificación. Este bloque realiza las funciones de traslación de direcciones, cancelación de eco, envío/recepción de dígitos DMTF, etc.
- Pasarela de Señalización (SG), que proporciona funciones de mediación de señalización entre redes IP y SCN.

MEGACO es un protocolo estandarizado abierto gracias a un desarrollo de cooperación de ITU-T e IETF. Su estandarización es idéntica para ambos, siendo identificado como H.248 por la ITU-T y como RFC 3015 por la IETF. El protocolo precedente llamado MGCP creado por la IETF, ya no es considerado oficialmente válido a contar de noviembre del año 2000.

Los dispositivos utilizados por MEGACO son los Media Gateway, Media Gateway Controller y Gateway de señalización.

Estos dispositivos se encargan de traducir los formatos de señalización de una red a otra. Por ejemplo para pasar de una señalización H.323 a una red con

señalización SS7 es necesario colocar un Gateway de señalización entre las dos redes.
[6]

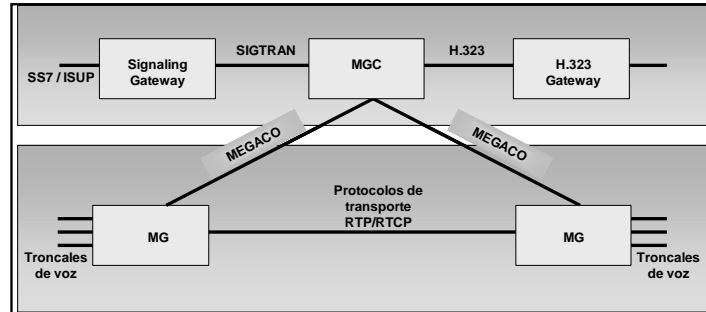


Figura tomada de: NGN PROTOCOLS, Switching Division, TEC. Pág.7.

Figura 12. Áreas de aplicación de MEGACO

2.5.3.4.SIP.

El IETF ha generado un set de protocolos que simplifican las funciones de H.323, el cual tiene previstas funciones dentro de una red corporativa y en multimedia. SIP es un protocolo más simple que H.323 y está basado en HTTP. En H.323 se utiliza el GK, mientras que en SIP se usa el SIP-Server, el cual tiene mejores aspectos de escalabilidad para grandes redes.

SIP es un protocolo especificado por la IETF en el RFC 3261, además es aceptado como un protocolo estándar por la organización 3GPP y forma parte de la arquitectura de los sistemas basados en IP. Además SIP es usado globalmente como protocolo de señalización para VoIP. SIP por sí mismo no garantiza ni reserva ancho de banda para la sesión ni provee calidad servicio (QoS) y no define un mecanismo de entrega de los paquetes que transportan la información de la sesión. SIP está diseñado para trabajar independientemente de la capa de transporte, puede correr sobre TCP o UDP.

Típicamente es necesario la presencia de DNS (Domain Name Service) para la resolución de la información de los encabezados de los mensajes de invitación, los

cuales contienen direcciones de usuario que deben ser traducidos a direcciones IP; además del protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol) para garantizar el ancho de banda disponible para la sesión cuando sea apropiado; y, de RTP para la transmisión de la información de media como tal. SIP puede utilizar cualquier protocolo de la capa de transporte, pero para las aplicaciones de tiempo real generalmente utiliza UDP. Además SIP utiliza SDP (Session Description Protocol) para describir las sesiones de multimedia. Consecuentemente SIP puede usar otros protocolos para proveer servicios completos a los usuarios, sin embargo SIP no depende de ninguno de los protocolos nombrados anteriormente.

Usando protocolos adicionales SIP puede enfocarse en su función principal que es la señalización necesaria para establecer y terminar una sesión de media. [7]

En el anexo III se puede observar el protocolo SIP en conjunto con los demás protocolos.

2.5.4. Protocolos de transporte en VoIP.

Una vez comentados los protocolos de señalización, entraremos brevemente en los protocolos de transporte. Estos se encargan de asegurar que todos los datos hayan llegado intactos desde el origen al destino, cumpliendo con los requerimientos de calidad de servicio y ancho de banda adecuados.

Los paquetes de VoIP se encuentran en el protocolo RTP, el cual va encapsulado en paquetes UDP; no usa TCP porque éste es demasiado pesado para las aplicaciones de tiempo real. Puesto que el datagrama UDP no tiene control sobre el orden en el cual los paquetes son recibidos, o de cuánto tiempo requiere su transmisión, RTP resuelve este problema permitiendo que el receptor ponga los paquetes en el orden correcto y que no “espere” a los paquetes que se hayan perdido el camino o tarden mucho en ser recibidos.

2.5.4.1.UDP.

UDP (User Datagram Protocol): UDP está basado en el intercambio de datagramas. Este protocolo permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, puesto que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera, proporciona un nivel de transporte no fiable, por tanto no garantiza la entrega.

La cabecera UDP está compuesta por un puerto de origen y un puerto de destino; el campo de longitud del segmento incluyendo la cabecera y los datos; por último la suma de verificación, la cual sirve para detectar errores en el segmento. [8]

2.5.4.2.TCP.

TCP (Transport Control Protocol): Es un protocolo de comunicación orientado a conexión utilizado en la mayor parte de aplicaciones, puesto que proporciona una conexión fiable en la transmisión de datos. TCP garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron, al igual que proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina.

Cada uno de estos segmentos viaja en el campo de datos de un datagrama IP, donde para facilitar el control de flujo de la información los bytes de la aplicación se enumeran, así de esta manera cada segmento indica en su cabecera el primer byte que transporta.

2.5.4.3.RTP.

RTP (Real-Time Transport Protocol): RTP es un protocolo utilizado para realizar comunicaciones de voz y video en tiempo real, la función principal es implementar los números de secuencia de paquetes IP para rearmar la información de voz o de video, incluso cuando la red subyacente cambie el orden de los paquetes. Tiene como objetivo asegurar QoS para servicios de tiempo real.

2.5.4.4.RTCP.

RTCP (Real-Time Control Protocol): RTCP es un protocolo de comunicación que proporciona información de control que está asociado con un flujo de datos para una aplicación multimedia, es decir se fundamenta en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participantes en la sesión usando el mismo mecanismo de RTP de distribución de paquetes de datos. [9]

2.5.5. CODECS DE COMPRESIÓN DE VOZ.

La codificación es el proceso de transformación de una señal analógica a una señal digital que pueda ser transmitida por canales de ancho de banda bajo. En el anexo IV se muestra el proceso de compresión de la voz. Los estándares especificados por la ITU-T para la codificación de audio son G.711, G.722, G.723, G.728 y G.729.

2.5.5.1. CODEC DE COMPRESIÓN G.711.

Es el estándar de codificación de audio para telefonía y videotelefonía. Se basa en codificar muestras de la señal de audio a 8 KHz y asignar a esas muestras un código de 8 bits con el que conseguimos tener 256 posibles valores de la muestra con flujos de 64 Kbps. Es lo que se llama modulación por codificación de pulsos (PCM). Es el estándar más apropiado para conexiones de alta velocidad.

2.5.5.2. CODEC DE COMPRESIÓN G.722.

Este estándar utiliza la técnica ADPCM, es decir, no codifica el valor de la muestra sino la diferencia con el valor anterior de la muestra que se puede codificar con menos bits al ser una diferencia muy pequeña. Así, en este estándar se muestrea la señal a 16 KHz y se asignan códigos de 4 bits consiguiendo tener 16 posibles valores de la señal y obteniendo así mayor calidad que con el estándar G.711.

Si en el anterior estándar se convertían frecuencias de 3.1 KHz a 64 Kbps, este consigue convertir frecuencias de entre 50 Hz y 7 KHz a 5.3 y 6.3 Kbps reduciendo así el empleo de ancho de banda.

2.5.5.3. CODEC DE COMPRESIÓN G.723.

Al igual que G.722 comprime frecuencias comprendidas entre 50 Hz y 7KHz pero lo hace a canales de 48, 56 y 64 Kbps, consiguiendo así mayor disponibilidad y mayor calidad en la transmisión y recepción.

2.5.5.4. CODEC DE COMPRESIÓN G.728.

Este estándar se basa en fórmulas matemáticas para reproducir la señal y lo que codifica son los parámetros predictores utilizados en esas fórmulas para los que sólo son necesarios 2 bits con los que conseguimos sólo 4 niveles de cuantificación para la señal con 16 Kbps. Consigue codificar frecuencias de 3.1 KHz a flujos de 16 Kbps.

2.5.5.5. CODEC DE COMPRESIÓN G.729.

Estándar equivalente a G.728 pero se reduce el régimen binario de 16 Kbps a 8 Kbps permitiendo comprimir así los 64 Kbps.

En el anexo V se muestra con tabla con los codificadores más utilizados.

2.6. BACKBONE IP / MPLS.

La evolución de la tecnología móvil ha desarrollado soluciones que brindan a los usuarios finales una interconexión no solo dedicada a la voz sino también al acceso a datos y con conexión a Internet. Tecnologías como 3G y la pronta evolución a LTE implican mayor velocidad de acceso y una dedicación exclusiva al tráfico de datos. Actualmente las redes de transporte implementadas son capaces de llevar el tráfico de voz sin ninguna dificultad, pero cuando agregamos a esto tráfico de datos se presentan nuevas dificultades.

Así como las redes de acceso han evolucionado, a la par, las redes de transporte deben adaptarse a las características del tráfico transportado.

En las redes 3G, el tráfico de datos está en aumento, permitiéndose velocidades de transmisión del orden de los Mbps, por lo cual, se necesita una tecnología que pueda proveer mayor ancho de banda y con una alta calidad de servicio. Las tecnologías usadas para estas redes de transporte pueden ser basadas en soluciones MPLS.

La solución MPLS es una tecnología que fue creada por la IETF para definir una solución de conmutación estándar para unificar el servicio de transporte de datos utilizando etiquetas para reenviarlos a través de la red.

MPLS ofrece una arquitectura de red orientada a conexión. Utiliza túneles estáticos llamados LSP (Label Switch Path) para establecer una conexión fija. Para establecer la trayectoria del paquete se agrega una etiqueta a la entrada de la red MPLS, el cual posee la trayectoria que seguirá el paquete. Cada Router de la red MPLS tiene conocimiento de la ruta a seguir de manera que podrá enrutarlo hacia el siguiente nodo. Por último el Router de borde de la red MPLS retira la etiqueta para que siga su trayectoria final. [10]

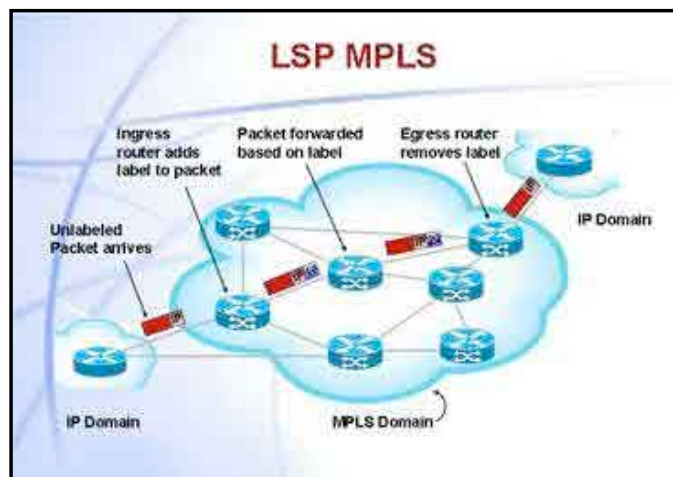


Figura tomada de: <http://jedicerocool.blogspot.com/2009/08/mpls.html>. Consultado en fecha 22/11/11.

Figura 13. Principio del servicio MPLS.

2.7. SUBSISTEMA IMS.

IMS (IP Multimedia Subsystem) una arquitectura de referencia genérica para ofrecer servicios multimedia sobre infraestructura IP. Se trata de un estándar internacional aún en evolución, especificado originariamente en la Release 5 y 6 del 3GPP, en estrecha colaboración con el IETF, y que ha sido adoptado también por otros organismos de estandarización como 3GPP2 y ETSI.

El estándar soporta múltiples tipos de tecnologías de acceso, incluyendo: GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, DSL, HFC, Wi-Fi, Wi-Max, Bluetooth, etc. Es decir, el concepto actual de las comunicaciones telefónicas y por Internet dará un giro radical a medio plazo, gracias a esta nueva tecnología que permitirá pasar de un sistema a otro sin interrumpir la conexión, utilizar varios medios a la vez o compartirlos e intercambiarlos con varios usuarios.

2.7.1. Características Generales.

Las principales características tecnológicas de IMS son:

El control de la sesión es realizado por el protocolo de control de llamada IMS basado en SIP y SDP. La señalización de IMS se realiza mediante el protocolo SIP, diseñado originariamente por el IETF para la gestión de sesiones multimedia en Internet. SIP aporta las funciones para el registro, establecimiento, modificación y finalización de las sesiones IMS entre dispositivos diversos. Puesto que no todos los dispositivos son capaces de soportar los mismos servicios, al establecer la sesión se negocian las características de ésta mediante el protocolo SDP, también diseñado por el IETF. Mediante SDP, los extremos de una sesión pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que desean mantener.

En este intercambio de señalización se negocia también la QoS, tanto durante el establecimiento como durante la sesión en curso. Por ello, y puesto que con IMS es posible monitorizar en todo momento la calidad del servicio en términos de latencia,

ancho de banda y seguridad, la QoS en IMS es mucho más dinámica que en las tradicionales redes de telecomunicación.

El transporte de red es realizado mediante IPv6 en vez de IPv4. La razón es que la migración a IPv6 está siendo ya paulatinamente desplegado en Internet y existen ya muchas empresas e instituciones que ya lo emplean internamente. De este modo, el 3GPP prefirió dar compatibilidad hacia atrás en lugar de hacia delante y partir de la situación más avanzada técnicamente. Entre las ventajas de IPv6 cabe destacar la QoS y seguridad integradas, la autoconfiguración, un mayor espacio de direccionamiento, y que el tráfico en el plano de usuario se transfiere directamente entre terminales siguiendo el modelo P2P.

La provisión de servicios multimedia es realizada por protocolos del IETF. Además de SIP/SDP e IPv6, IMS emplea otros protocolos estándar de Internet para la provisión de servicios multimedia, como: RTP y RTCP para el transporte de flujos IP multimedia en el plano de usuario, RSVP y DiffServ para asegurar la QoS extremo a extremo, etc.

2.7.2. Arquitectura.

La arquitectura genérica de una red IMS está ilustrada en el Anexo VI. La entidad funcional clave de IMS es el nodo CSCF (Call State Control Function), que integra a tres subsistemas: P-CSCF (Proxy CSCF), S-CSCF (Serving CSCF), y I-CSCF (Interrogating CSCF); encargados, básicamente, de procesar y enrutar la señalización, controlar los recursos del subsistema de transporte, realizar el registro y autenticación de los usuarios, provisionar los servicios IMS mediante el desvío de la señalización a los servidores de aplicación en cuestión, y generar los registros de tarificación.

IMS dispone también de una base de datos o HSS (Home Subscriber System) describiendo cada cliente, sus terminales y sus derechos de acceso a las distintas aplicaciones.

Los nodos MGCF (Media Gateway Control Function) e IM-MGW (IP Multimedia Gateway) permiten el interfuncionamiento de IMS con las redes de conmutación de circuitos (RTB, RDSI, GSM, etc.), implementando el plano de control y usuario, respectivamente. Finalmente, nos encontramos con los servidores de aplicación y las pasarelas con destino al plano de servicios, que son los que ofrecen aplicaciones a los usuarios.

IMS no define las aplicaciones que pueden ser ofrecidas al usuario final, sino la infraestructura y capacidades del servicio que los operadores o proveedores de servicios pueden emplear para construir su propia oferta de servicios. El operador IMS puede elegir ofrecer los servicios de forma independiente, combinada o en multitud de variantes, pero todos ellos tendrán una infraestructura común, reduciendo su ciclo de desarrollo y reduciendo los costos de equipamiento y operación. Los servicios finales pueden ser los servicios tradicionales (las llamadas básicas de voz por conmutación de circuitos, el correo electrónico, la mensajería de texto, la mensajería multimedia, etc.) o bien servicios multimedia avanzados (la videoconferencia, la difusión de radio, la difusión de TV, el vídeo bajo demanda, la mensajería instantánea, el chat multimedia, los videojuegos en red interactivos, etc.).

Las razones estratégicas para que las operadoras implanten IMS en sus redes son, básicamente: una significativa reducción de los costos de la red tanto en personal como en infraestructuras, favoreciendo la escalabilidad y amortización más rápida de su red; la rápida implantación y proliferación de nuevos servicios más adaptados al cliente, y un considerable incremento de las ventas y flujos de caja procedentes de los mismos. [11]

2.8. CALIDAD DE SERVICIO (QoS).

El auge de la telefonía IP es algo evidente y la principal razón es el reaprovechamiento de los recursos y la disminución en el costo de llamadas a través de Internet.

Los principales problemas en cuanto a la calidad del servicio (QoS) de una red de VoIP, son la Latencia, el Jitter la pérdida de paquetes y el Eco. En VoIP estos problemas pueden ser resueltos mediante diversas técnicas que se explican en a continuación:

2.8.1. LATENCIA.

Una buena calidad de servicio está basada en la elección de una política acertada para el manejo de colas y a su vez que exista fragmentación e intercalado. En la telefonía IP hay componentes que afectan la velocidad con que llega la voz del otro lado del teléfono y que generan retardos que podrían impedir el transcurrir normal de una conversación telefónica normal entre 2 personas, las causas de retardos son las siguientes:

Retardo de propagación: Causado por el camino que los electrones deben recorrer, en la mayoría de los casos es despreciable, excepto para distancias largas como cuando hay comunicación satelital.

Retardo de procesamiento Por Paquetización: dependiente del número de muestras por paquete. Por Algoritmo: dependiente del codec, compresor y descompresor.

Retardo de serialización: Causado por la colocación uno a uno de todos los bits a transmitir a través del medio físico.

Retardo de procesamiento Por Paquetización: dependiente del número de muestras por paquete. Por Algoritmo: dependiente del codec, compresor y descompresor.

Retardo de serialización: Causado por la colocación uno a uno de todos los bits a transmitir a través del medio físico.

Para el peor de los casos que es el intentar transmitir un paquete de 1500 bytes (máximo tamaño de MTU), los tiempos son grandes y los retardos serían considerables. Parte de la solución es entonces fragmentar los paquetes, o sea, dividir los paquetes grandes en muchos pequeños, para luego ser re-ensamblados en el destino.

También se debe aplicar el intercalado, que consiste justamente en intercalar paquetes de voz entre los de datos y así “no hacer esperar” al paquete de voz que debe salir, colocándolo inmediatamente después del último de datos fragmentado que salió y dejando en espera a los otros de datos fragmentados.

La latencia o retardo entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 150 ms. El oído humano es capaz de detectar latencias de unos 250 ms, 200 ms en el caso de personas bastante sensibles. Si se supera ese umbral la comunicación se vuelve molesta.

2.8.2. JITTER.

El jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se discretiza en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino.

El jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o

congestionados. Se espera que el aumento de mecanismos de calidad del servicio como prioridad en las colas, reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad (100Mb Ethernet, E3/T3, SDH) puedan reducir los problemas del jitter en el futuro. El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 100ms. Si el valor es menor a 100 ms el jitter puede ser compensado de manera apropiada. En caso contrario debiera ser minimizado.

La solución más ampliamente adoptada es la utilización de un buffer. El buffer consiste básicamente en asignar una cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso. Si algún paquete no está en el buffer (se perdió o no ha llegado todavía) cuando sea necesario se descarta. Normalmente en los teléfonos IP (hardware y software) se pueden modificar los buffers. Un aumento del buffer implica menos pérdida de paquetes pero más retraso. Una disminución implica menos retardo pero más pérdida de paquetes.

2.8.3. ECO.

El eco se produce por un fenómeno técnico que es la conversión de 2 a 4 hilos de los sistemas telefónicos o por un retorno de la señal que se escucha por los altavoces y se cuela de nuevo por el micrófono. El eco también se suele conocer como reverberación. El eco se define como una reflexión retardada de la señal acústica original. El eco es especialmente molesto cuanto mayor es el retardo y cuanto mayor es su intensidad con lo cual se convierte en un problema en VoIP puesto que los retardos suelen ser mayores que en la red de telefonía tradicional.

El oído humano es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es igual o superior a 10 ms. Pero otro factor importante es la intensidad del eco ya que normalmente la señal de vuelta tiene menor potencia que la original. Es tolerable que llegue a 65 ms y una atenuación de 25 a 30 dB.

Existen dos posibles soluciones para evitar el eco:

- Supresor de eco: Consiste en evitar que la señal emitida sea devuelta convirtiendo por momentos la línea full-dúplex en una línea half-duplex, de tal manera que si se detecta comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario.
- Cancelador de eco: Es el sistema por el cual el dispositivo emisor guarda la información que envía en memoria y es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información (tal vez atenuada y con ruido). El dispositivo filtra esa información y cancela esas componentes de la voz.

2.8.4. PERDIDA DE PAQUETES.

Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

Sin embargo la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas.

La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza, cuanto mayor sea la compresión del códec más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes.

Para evitar la pérdida de paquetes una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo se transmite cuando haya información audible se libera bastante los enlaces y evita la congestión. [12]

2.9. VENTAJAS DE VoIP.

Reducción de los costos.

Según el patrón de consumo, la VoIP puede suponer un importante ahorro en la factura de los servicios de telecomunicaciones. En el caso de los usuarios corporativos, las llamadas entre distintas sedes conectadas a través de Redes Privadas Virtuales o circuitos dedicados no tienen costo. El efecto de este ahorro se ve multiplicado cuando las localizaciones de la compañía son de carácter global con elevado tráfico nacional e internacional.

Fácil mantenimiento.

La gestión de las redes de comunicaciones se hace de manera integrada, al existir una sola red utilizada para la transmisión tanto de datos como de servicios de voz. Para facilitar su gestión, existen herramientas que informan en tiempo real sobre el estado de las redes y de los enlaces, que facilitan el mantenimiento y la rápida solución de incidencias.

Mejor uso de los recursos.

En la red de telefonía tradicional, cada usuario dispone de una línea. El pago de las líneas se hace por igual, independientemente del uso que se haga de ellas. Con la utilización de la VoIP, este costo adicional se diluye, al integrarse la red de telefonía en la de datos. Adicionalmente, con el uso de VoIP, las necesidades de ancho de banda pueden ser satisfechas conforme las necesidades crezcan. En las redes tradicionales, cuando un usuario está realizando una llamada, mantiene totalmente ocupado el canal. Sin embargo, el tiempo que realmente transmite información es aproximadamente entre un 10% y 25%. El resto son tiempos de ocupación ineficiente de la red. En la VoIP, la utilización de la red se reduce a los períodos en que se transmite o recibe voz, con lo que es posible una mayor eficiencia en el uso del ancho de banda, posibilitando dar servicio a un mayor número de usuarios.

Gestión mejorada de la red.

Las redes IP disponen de herramientas muy especializadas que permiten gestionar estas redes con gran precisión. Por tanto, en las redes VoIP es posible encontrar y solucionar eventuales congestiones de tráfico de manera rápida y eficiente gracias a los mecanismos de balanceo de tráfico de los que disponen los protocolos de transporte. El control y mantenimiento de las redes se puede hacer de forma local o remota.

2.10. MARCO REGULATORIO.

En todos los países, existe un marco legal que regula las telecomunicaciones, con el propósito de controlar los servicios que ofrecen las empresas vinculadas con dicho campo. Por lo tanto, en el presente capítulo se expondrá una revisión de los avances legales para el uso de tecnología VoIP, tanto internacionalmente como en Venezuela.

2.10.1. Marco Regulatorio de la Tecnología VoIP a Nivel Internacional.

Como ya sabemos, la tecnología VoIP ha evolucionado de manera significativa, generándose así un mayor interés sobre su instauración, tal crecimiento ha permitido el desarrollo de un marco regulatorio que norma y orienta su implementación. A nivel Internacional, se cuenta con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la cual desde el año 1865, ha ejercido un papel de mediador dentro de esta industria, con el objeto de lograr consensos para la implementación de tecnologías, la oferta de servicios y los sistemas de interconexión, entre otros. Cabe destacar que si bien, no es un órgano regulatorio que determina disposiciones legales, ofrece definiciones y establece consensos y convencionalidad para el uso de las tecnologías.

Estas orientaciones han contribuido en la mayoría de los países, a la elaboración de reglamentos para la regulación de las telecomunicaciones; sin embargo, las normativas varían dependiendo de los contextos sociales y de políticas

públicas particulares de cada país. Hoy en día, en países como Argentina, Brasil, Colombia, Honduras, Uruguay, Venezuela, entre otros, no existe una regulación específica que controle la implementación de VoIP, en vista de que el marco legal gira en torno a las normativas para la prestación de los servicios y no de las tecnologías.

En este sentido, la apertura que existe en el contexto venezolano para el uso de esta tecnología no es totalmente libre, pues si bien no la regula directamente existen algunos aspectos normativos sobre los servicios de telefonía que de alguna manera podrían condicionar la selección de aquellas que posean compatibilidades en cuanto a aspectos tales como: señalización, medición de servicios, entre otros. De allí que se hace importante profundizar al respecto a fin de determinar la factibilidad legal de implementación de VoIP y favorecer los procesos de interconexión.

2.10.2. Marco Regulatorio Venezolano.

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2000) es el documento de mayor envergadura en el tema dentro del contexto venezolano, en ésta se establece el marco legal sobre el ámbito en cuestión. Su Artículo 2 contempla una serie de objetivos vinculados con la defensa de los derechos y la supervisión del cumplimiento de los deberes tanto de los usuarios de algún servicio de telecomunicación, así como de los operadores de servicio. Específicamente el numeral 4 indica entre sus funciones:

“Promover el desarrollo y la utilización de nuevos servicios, redes y tecnologías cuando estén disponibles y el acceso a éstos, en condiciones de igualdad de personas e impulsar la integración del espacio geográfico y la cohesión económica y social.”

Esta referencia muestra como los entes rectores involucrados en el cumplimiento de la Ley, tienen la obligación de impulsar la innovación para garantizar un servicio de calidad y en igualdad de condiciones para todos los

ciudadanos, de allí que se considere probable la posibilidad de que cualquier empresa nacional sobre telecomunicaciones pueda incorporar tecnologías orientadas a maximizar la calidad y/o minimizar los costos de los servicios que ofrece.

Según la misma Ley, la habilitación administrativa de una operadora oferente es otorgada por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). En esta habilitación, se deben contemplar los siguientes aspectos en atención a lo planteado en el Artículo 19: (1) tipo de habilitación, (2) características de las redes y servicios, (3) tiempo otorgado y (4) condiciones generales. Una vez autorizada la empresa, si se realizan cambios vinculados con los aspectos específicos mencionados en el numeral dos (2), como por ejemplo, la implementación de una nueva tecnología para la interconexión, esto no implica la solicitud de una nueva habilitación, sino una notificación, mediante los informes periódicos que se deben consignar al ente regulador, siempre y cuando esto se encuentre avalado de acuerdo a las normativas establecidas por CONATEL. De igual manera, se hace importante generar procesos de negociación entre los operadores con quienes se posea contratos, para acordar nuevamente las formas de interconexión.

La notificación ante CONATEL anteriormente expuesta, responde al cumplimiento del Artículo 37 de la mencionada Ley, específicamente en lo concerniente a los numerales donde se especifica que dicha entidad tiene el deber de:

10. Inspeccionar y fiscalizar la instalación, operación y prestación de servicios de telecomunicaciones;
11. Homologar y certificar equipos de telecomunicaciones;
12. Aprobar las Condiciones Generales de los contratos de servicios de telecomunicaciones.

Lo expuesto indica que si bien la normativa legal no establece restricción alguna sobre la implementación de determinada tecnología, como el caso específico

abordado en este estudio sobre VoIP, los equipos que se necesiten para efectuar las adaptaciones necesarias para el nuevo proceso de interconexión se deben homologar y certificar por parte de CONATEL. A este respecto, el Artículo 141 de la Ley orgánica de telecomunicaciones explica que:

Los equipos importados que hayan sido homologados o certificados por un ente u organismo reconocido internacionalmente, a juicio de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, no se les exigirá ser homologados o certificados nuevamente en Venezuela. A tal efecto la Comisión Nacional de Telecomunicaciones llevará un registro público de los entes u organismos nacionales o extranjeros recomendados para la certificación y homologación de equipos de telecomunicaciones.

De allí la sugerencia de que, por parte de la empresa interesada en efectuar actualizaciones o cambios de tecnologías, tomen en consideración las recomendaciones efectuadas por la entidad gubernamental y en caso de no tenerlo definido, asuma como marco referencial las orientaciones que pueda dar la Unión Internacional de Telecomunicaciones, por ser el organismo internacional reconocido por la Ley en su Artículo 10.

“El significado de los términos empleados en esta Ley o en sus reglamentos y no definidos en ellos, será el que le asignen los convenios o tratados internacionales suscritos y ratificados por Venezuela, en especial, las definiciones adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), y en defecto de éstas las normas establecidas en el respectivo reglamento.”

Por lo hasta aquí analizado de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, no se observan limitaciones con respecto al uso de tecnologías para la interconexión; sin embargo, al revisar el Reglamento de Interconexión (2004) se hace evidente que existe una serie de indicadores de orden técnico que deben especificarse en los contratos de interconexión entre operadoras y condiciones contractuales que podrían

restringir la adaptación tecnología que se pueda efectuar para renovar los procesos de comunicación entre las redes públicas.

En dicho Reglamento, sección tercera: de las condiciones técnicas, específicamente el Artículo 32, se declara que todo contrato de interconexión debe contener un análisis minucioso de los aspectos relacionados con: las características técnicas y su ubicación geográfica, los diagramas de interconexión, la señalización e interfaces, la capacidad de los sistemas, los índices de calidad, instalación, prueba y mantenimiento de los equipos, entre otros. Todo ello apoyado en un proyecto técnico, donde se formule detalladamente los procedimientos y formas con los que se efectuará la interconexión.

Un elemento clave, es la descripción de los mecanismos de señalización, los cuales, según el Reglamento de Apertura de los Servicios de Telefonía Básica (2000), en su Artículo 4, numeral 3, deben efectuarse a través de un sistema de señalización por canal común No. 7 (SCC7), entendiéndose a este como la versión normalizada por la UIT en el año 1980, para determinar el conjunto de señales estandarizados y coordinados que permiten intercambiar los elementos constitutivos de un proceso de interconexión.

Ahora bien, como se mencionó en el capítulo anterior, VoIP se caracteriza por usar protocolos de señalización como H.323, SIP, MGCP, H.248, SCCP, SIGTRAN y MeGaCo. En este sentido, implementar la tecnología VoIP implicaría la necesidad de utilizar equipos de conversión de señalización entre los protocolos expuestos y el utilizado por la telefonía convencional (SCC7) que es además, regulada por el documento legal mencionado.

Se hace importante acotar, que estas adaptaciones son factibles y aceptadas por CONATEL, pues en el informe que esta entidad presentó ante la UIT, bajo el título Interconexión. La experiencia venezolana en el marco de la apertura de los

servicios de telefonía básica (2001), expresa que ya no se puede tomar en cuenta únicamente una estructura tradicional con un arreglo jerárquico y elementos convencionales. Es necesario incorporar estructuras de paquetes para servicios de voz, por lo tanto, las redes pueden incluir para la conmutación, además de los conmutadores tradicionales, routers de paquetes.

Esto refleja, como la entidad reguladora en telecomunicaciones dentro del contexto venezolano, admite la posibilidad de utilizar tecnologías diferentes a las tradicionales, cuando reafirma la oportunidad de tomar en cuenta nuevas estructuras tecnológicas, específicamente haciendo mención a la relacionada con redes de conmutación de paquetes.

Al existir la posibilidad legal sobre el uso de tecnologías de conmutación de paquetes, lo importante es poder establecer acuerdos entre las operadoras, los cuales pueden darse a partir de dos vertientes: en el primer caso, si la operadora con la que se desea establecer la interconexión posee otra tecnología y no desea migrar de momento, se debe establecer/renegociar la señalización según lo estipulado en el protocolo SCC7; mientras que en el segundo caso, si ambas empresas de telecomunicaciones poseen redes de tecnología VoIP o están en planes de implantarlo, no necesitarían realizar la señalización bajo el protocolo antes mencionado, sino que podrían implementar los propios de esta tecnología.

Todos los planteamientos legales hasta aquí desarrollados permiten concluir lo siguiente:

- Se deja abierta la posibilidad desde el punto de vista legal para la instauración de la tecnología VoIP como una medida para incrementar la calidad y diversidad de servicios en empresas de telefonía.

- Las modificaciones necesarias no pueden hacerse de forma arbitraria, sino que se hace necesario considerar las recomendaciones expresas por el ente gubernamental, en el caso específico venezolano CONATEL.

- Se considera determinante que una vez que se efectúen las adecuaciones técnicas que hubiese a lugar, se haría imperante acordar entre las empresas interconectantes sobre los mecanismos de transformación de señales más viables para garantizar la compatibilidad entre los sistemas de señalización.

CAPITULO III

Análisis de la Situación Actual

“El capítulo mostrado a continuación, contiene información confidencial y reservada, propiedad de la Corporación Digitel. Las tablas, figuras, diagramas, cálculos y análisis contenidos en esta propuesta serán utilizados exclusivamente para evaluar las posibles alternativas planteadas para la Corporación Digitel, y no deberán ser divulgados fuera de su organización o utilizados con propósitos distintos a los mencionados. No está permitido su reproducción total o parcial ni su uso con otras organizaciones para ningún otro propósito, excepto autorización previa por escrito”.

La red actual de Digitel, consta principalmente de los elementos básicos de una red GSM de segunda generación (2,5 G), conformada por: los móviles, las BTS's, las BSC's, los MSC's, y los dispositivos respectivos de servicios de valor agregado.

Paralelamente a esta red, se está implementando una red de tercera generación (3G), conformada por los Nodos B, RNC's y los MSC para la tecnología 3G.

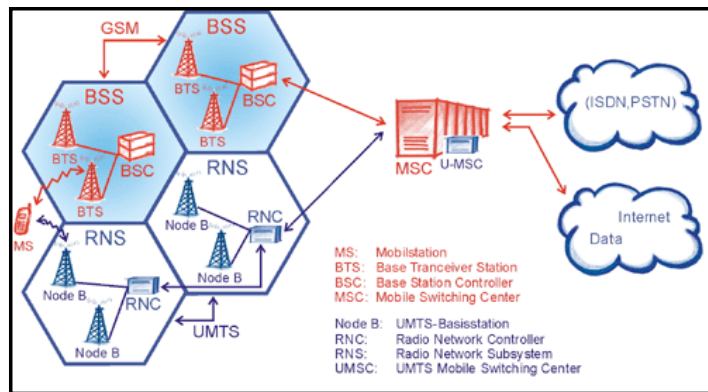


Figura tomada de: <http://www.movilesargentina.com/Sections/Resources/WhatsNew/Articles/GSM-Info.asp>. Consultado en fecha 15/01/12.

Figura 14. Ejemplo de una red GSM / UMTS

Analizando con más detalle el núcleo de la red, observamos que Digitel está conformado por una red de switches controladores a nivel nacional (MSC). El MSC es corazón del sistema GSM. Es el centro de control de llamadas, responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada, control de los servicios suplementarios, handover entre MSC's, tarificación, etc. También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos.

El MSC tiene conexiones con otras redes (telefonía pública -PSTN, red móvil-PLMN, Redes de Datos, etc.), realizando la conmutación desde y hacia ellas. Se preocupa de buscar el camino para establecer la comunicación deseada.

La red de Digitel, está conformada por varios MSC regionales, distribuidos a nivel nacional, los cuales deben estar interconectados entre sí, para lograr que los usuarios móviles pertenecientes a Digitel, puedan trasladarse por todo el país sin necesidad de realizar gastos extras de larga distancia nacional.

La interconexión entre todos estos switches se realiza mediante la instalación de radios de microondas de alta capacidad a lo largo de territorio nacional. A esta red de enlaces se le denomina backbone.

Este backbone es de gran importancia, es la columna vertebral de la red, ya que conecta a todos los MSC's de todas las ciudades, y se encargan de transmitir altos volúmenes de información. El backbone constituye la estructura fundamental de la red de Digitel, conformado por enlaces SDH de alta capacidad, por medio del cual se transmite toda la información importante para las comunicaciones entre los nodos, tales como la información de interconexión, gestión, etc.

A continuación se observa el diagrama del backbone de la red de Digitel, separado por región oriente y región occidente.



Figura tomada de: Diagramas de Backbone propiedad de Digitel.

Figura 15. Red Backbone Región Occidente



Figura tomada de: Diagramas de Backbone propiedad de Digitel.

Figura 16. Red Backbone Región Oriente

Debido al incremento constante de la cantidad de usuarios, que a su vez generan gran cantidad de intercambio de información, la empresa se ve en la necesidad de una ampliación continua del backbone. Actualmente la red de Digitel posee enlaces de capacidad 7+1, lo que implica velocidades de hasta 1.2 Gbps.

Adicionalmente, en los últimos años se está implementando el Backbone IP, utilizando la tecnología IP/MPLS, aprovechando la plataforma actual de enlaces SDH.

La utilización de este backbone IP, es exclusivamente para la transmisión de datos, en este caso el BAM (banda ancha móvil) de Digitel.

A continuación se muestra el ejemplo del diagrama de conexión del backbone IP/MPLS, en donde se muestra la distribución de todos los POI's de Digitel interconectados.

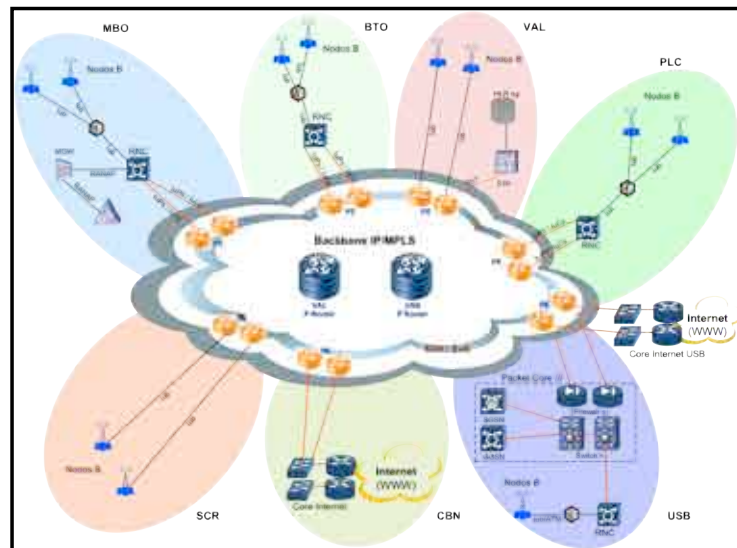


Figura tomada de: Diagramas de Backbone propiedad de Digitel.

Figura 17. Red Backbone IP / MPLS

La funcionalidad inicial de este Backbone IP/MPLS, es el de la transmisión de datos a nivel nacional. El cual está conformado principalmente por varios routers distribuidos en cada región, encargados de realizar el de los paquetes IP, y así poder ser transmitidos en los contenedores de la red SDH.

A continuación se muestra un diagrama de la capacidad actual utilizada en el backbone, para la transmisión de datos 3G de la red de Digitel. Se puede observar que actualmente existen capacidades muy bajas, alrededor de los 30 a 40 Mbps.

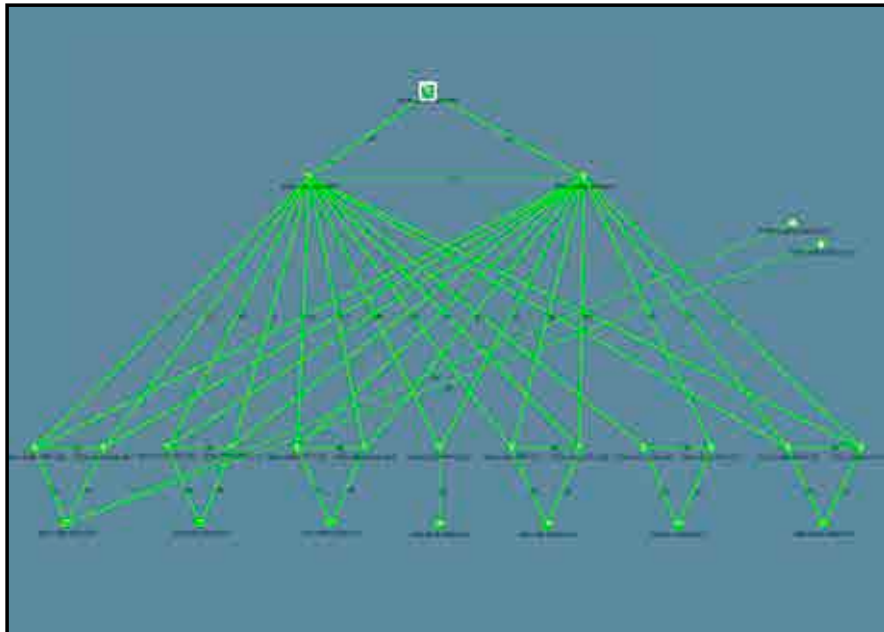


Figura tomada de: Plataforma de Monitoreo Backbone IP de Digitel.

Figura 18. Ancho de banda utilizado para el backbone 3G.

3.1. RUTAS DE VOZ CON OTRAS OPERADORAS.

A continuación se muestra un diagrama con la distribución de los POI's de Digitel a nivel nacional, en donde se encuentran los las interconexiones con las otras operadoras.



Figura 19. Diagrama de POI's a nivel nacional

En el anexo VII, se muestra de manera más detallada, la interconexión de Digitel en cada POI, con las principales operadoras del país, mostrando la cantidad de los recursos utilizados, con sus respectivas estadísticas de uso. En resumen podemos observar que las rutas poseen un alto porcentaje de uso, y la posibilidad de realizar las respectivas ampliaciones se hace cada vez más difícil.

Podemos observar en promedio que para el caso del POI CCS02, el porcentaje de uso con las principales operadoras esta alrededor del 69 %, para el POI CCS03 está en un 67%, para el POI de VAL03 el porcentaje de uso está en un 68%, POI PLC01 está en 59%, POI MBO01 está en 63%, para el POI BTO01, se encuentra alrededor del 62%, y por ultimo para el caso del POI SCR01, el cual maneja bajos niveles de tráfico de interconexión y solo cuenta 38 El's con las distintas operadoras, mantiene un nivel de porcentaje de uso del 52%.

3.2. RUTAS DE VOZ ENTRE SWITCHES DE DIGITEL.

En el anexo VIII, se muestran las respectivas tablas de utilización, con los porcentajes de uso de cada MSC de la red, y su interconexión con los demás MSC de cada región, los cuales se transportan a través del backbone SDH de la red de Digitel. Podemos observar que las rutas más críticas son las rutas entre el MSC CCS02 y los MSC de CCS04, VAL02 y PLC01, debido a que el porcentaje de uso se encuentra alrededor del 80%.

3.3. ENLACES DE SEÑALIZACIÓN CON OTRAS OPERADORAS.

Adicionalmente de las rutas de voz, analizaremos las rutas de señalización SS7 entre los switches y las operadoras, ya que actualmente se están integrando los STP a la red, y la señalización a nivel nacional es manejada por los switches de caracas y valencia. En el anexo IX se muestran los porcentajes de uso de dichas rutas, observando que las rutas más críticas son las que conectan el MSC CCS02, con los STP de Movilnet y Movistar, que rondan al 100% de utilización, y las rutas del MSC VAL03, contra los STP de Movistar, Movilnet y Cantv, los cuales se acercan al 100% del porcentaje de uso.

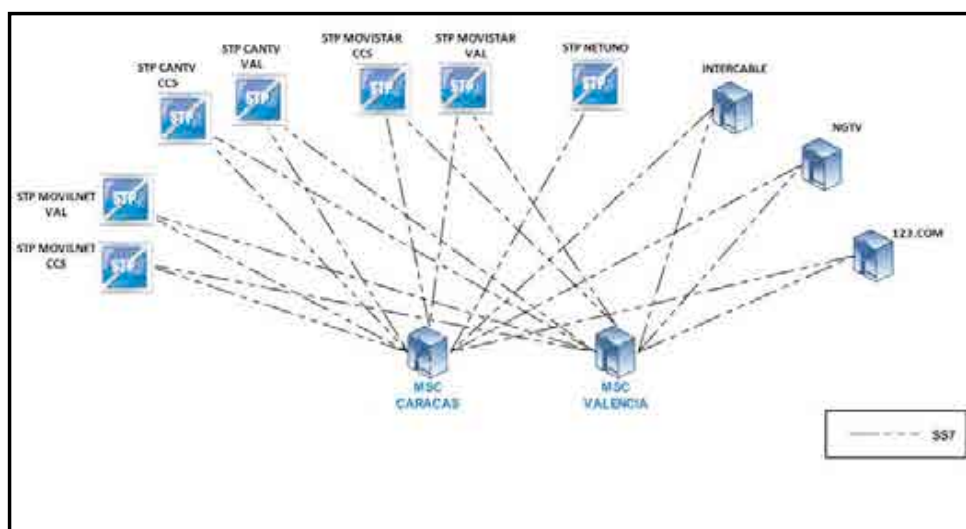


Figura 20. Diagrama de Interconexión SS7 con otras operadoras

3.4. ENLACES DE SEÑALIZACIÓN CON CADA SWITCH DE DIGITEL.

En el anexo X se muestra un diagrama de interconexión SS7 entre los switches de cada POI de la red de Digitel, y sus respectivas estadísticas de uso. En este caso podemos observar que la interconexión SS7 entre todos los switches, está centralizada por dos STP's redundantes, ubicados en caracas y en la ciudad de valencia. Podemos observar que los switches de cada región presentan conexiones redundantes con ambos STP's, y de esta manera evitar posibles fallas, en caso de de la perdida de señalización con alguno de los dos STP. En este caso, las rutas que conforman la señalización interna se encuentra en valores normales de uso, ya que el mayor caso no sobrepasa el 70% de utilización.

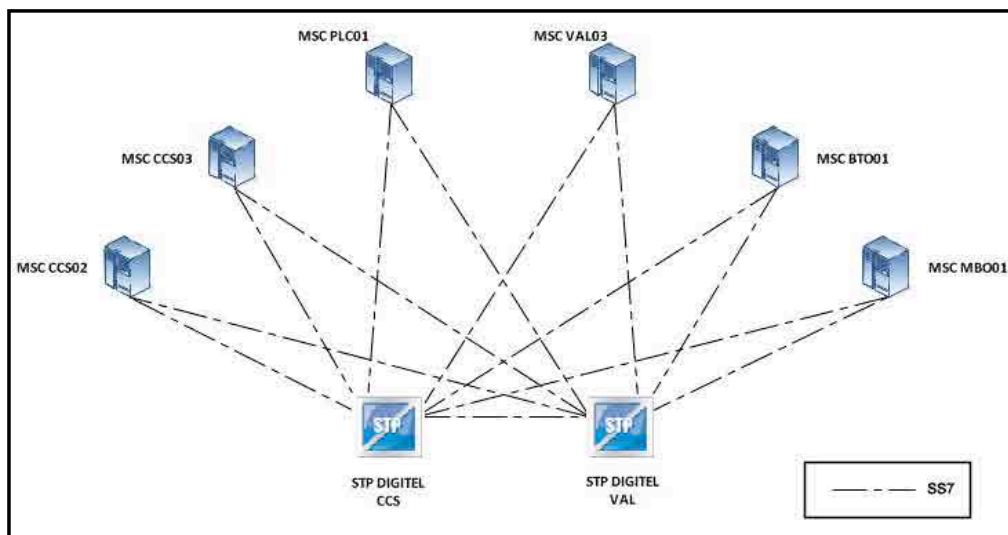


Figura 21. Diagrama de Interconexión de la red SS7 de Digitel

Una vez analizada la situación actual de la red de Digitel, sus componentes básicos, la red de transporte actual, la y la interconexión con otras operadoras, y observando el nivel de consumo de las rutas, cantidad de E1's, y sus porcentajes de utilización, podemos definir la plataforma de interconexión basada en IP con las otras operadoras.

CAPITULO IV

Análisis de las Propuestas

La red actual de Digitel, consta principalmente de los elementos básicos de una red GSM de segunda generación (2,5 G), conformada por: los móviles, las BTS's, las BSC's, los MSC's, y los dispositivos respectivos de servicios de valor agregado.

Como explicamos anteriormente, la interconexión con otras operadoras se realiza a nivel nacional a través de los distintos POI's ubicados en las zonas de: Barquisimeto, Maracaibo, San Cristóbal, Puerto La cruz, Caracas y Valencia.

Esta interconexión TDM se realiza utilizando en algunos casos radios SDH, radios PDH, o enlaces de fibra óptica. Todas las llamadas se transportan a través de nuestro backbone, y tienen como destino final el POI correspondiente al cual se debe entregar la llamada, según sea el contrato de interconexión con cada operadora.

Podemos observar que actualmente existe una gran utilización de recursos necesarios para lograr que todas las llamadas se realicen evitando posibles congestiones, ya que pueden ocurrir momentos puntuales en donde las rutas presenten altos grados de congestión, tales como días feriados, año nuevo, o cualquier suceso de importancia en el país, etc.

El aumento en el volumen de tráfico de voz y datos, consecuencia de una nueva generación de aplicaciones, la convergencia de servicios y una mayor demanda de información, lleva a la necesidad de un mayor requerimiento de ancho de banda, y de la actualización de todas las infraestructuras necesarias, incluyendo la interconexión.

El objetivo principal de este proyecto es el de lograr sustituir la actual plataforma de comunicación TDM de interconexión nacional por una nueva plataforma de conmutación de paquetes, y así lograr principalmente un ahorro significativo de los recursos utilizados, y a su vez el soporte de las aplicaciones de nueva generación.

En el capítulo anterior se pudo conocer la situación de la plataforma actual de la red, observando que todas las interconexiones se hacen a través de los E1's conectados a través de los MSC's, el backbone SDH, y el backbone IP/MPLS en proceso de actualización, por lo que algunas veces, se hace imposible lograr algunas ampliaciones necesarias.

Estos MSC's utilizados actualmente son de una generación antigua, por lo que llegan al máximo de su capacidad, tanto en tarjetas físicas de E1's como en la capacidad de usuarios. Estos equipos entraron en su etapa de obsolescencia, lo cual se acompaña muy a menudo de costos de mantenimiento mayores y/o dificultad para conseguir repuestos específicos, y al final resulta un costo operativo mayor para la empresa.

Estos problemas han levantado una bandera en la compañía, y se encuentra en la obligación de realizar un proceso de actualización de toda la plataforma, tales como Switches, Media Gateway, Enlaces de radio, y todos los equipamientos necesarios para la integración y convergencia con las redes de última generación.

Por lo tanto la compañía se encuentra actualmente en el proceso de adquisición, instalación e implementación de los nuevos equipos de última generación.

La planificación de la nueva red consta de la sustitución de los antiguos MSC's por plataformas IP, tales como Softswitch, media Gateway en cada región, y

En el siguiente diagrama se muestra la configuración de los elementos de conmutación, sustituyendo los anteriores MSC's, por plataformas de nueva generación, tales como los Softswitch y los media Gateway.

Podemos ver que en cada región se está instalando un softswitch, y su respectivo media Gateway, solo en el caso de la región de San Cristóbal, que debido al bajo nivel de tráfico, se encuentra compartiendo el softswitch de la región de Maracaibo.

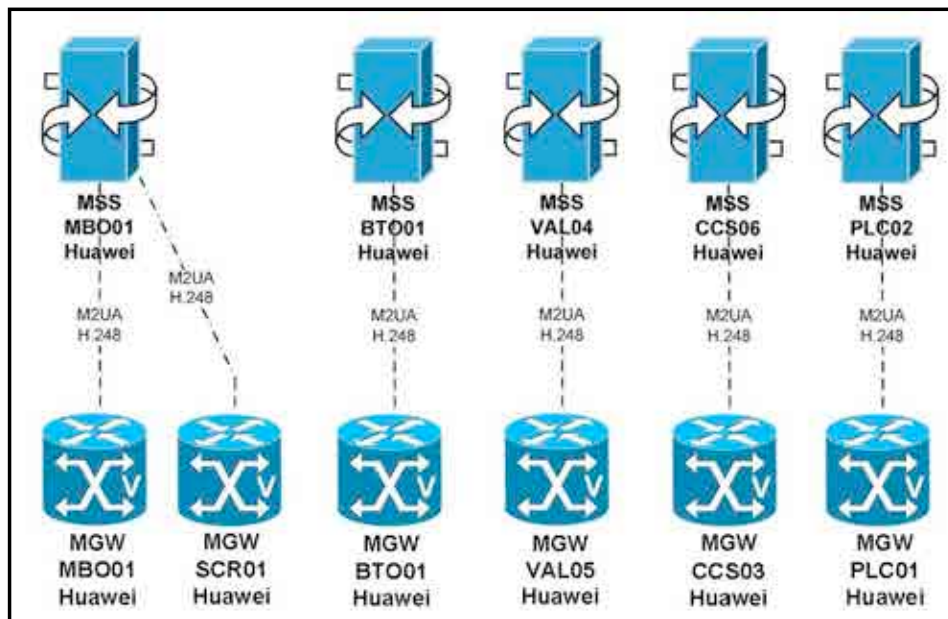


Figura tomada de: Diagramas de Voz propiedad de Digitel.

Figura 23. Futuro diagrama de Conmutación.

Por último, se muestra el diagrama de voz final de la red de Digitel, en donde se puede observar que en la configuración implementada por la compañía, no está tomando en cuenta la interconexión con las terceras operadoras, ya que se sigue con el esquema de interconexión TDM.

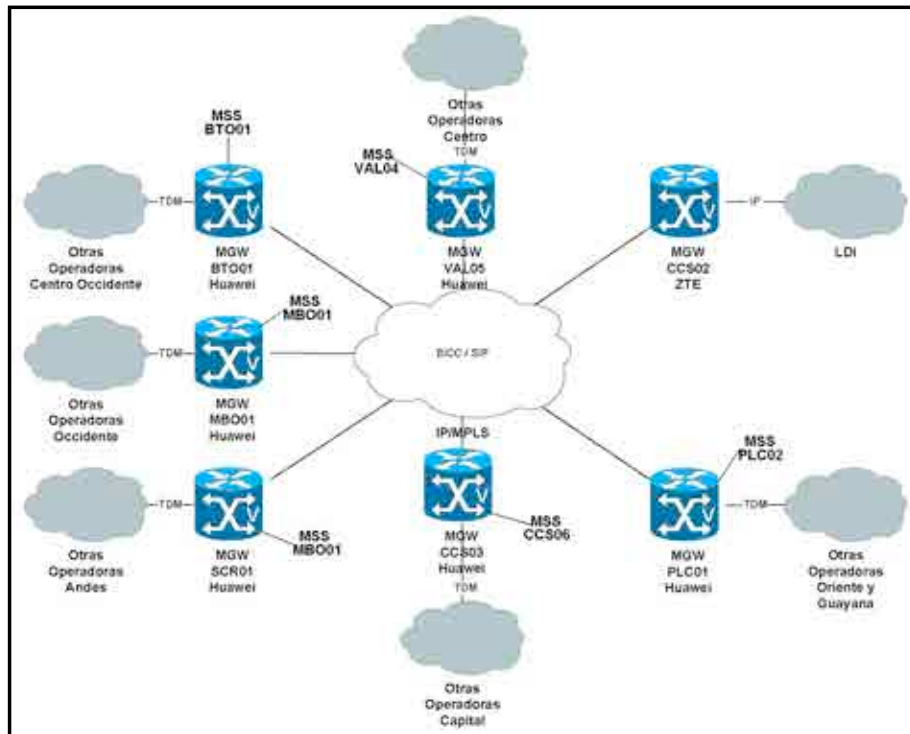


Figura tomada de: Diagramas de Voz propiedad de Digitel.

Figura 24. Futuro diagrama de Voz.

Aquí es donde se centra la idea de este trabajo, en la cual se proponen dos posibles soluciones para la interconexión en IP con las otras operadoras. A continuación se muestran dos escenarios posibles para la migración.

4.1. ESCENARIO A (NUEVOS RADIOS DE MW).

El crecimiento acelerado de los servicios de banda ancha para la telefonía móvil, impulsa un cambio radical en las tecnologías utilizadas para operar las redes móviles. En lo particular la introducción de los nuevos radios IP promueven la sustitución de los tradicionales equipos TDM, incrementando escalabilidad a la red con un bajo nivel de gastos operativos.

Estos radios IP, son diseñados particularmente para soportar el crecimiento acelerado de las redes de próxima generación y se han desarrollado con unas características de compresión y paquetización de datos, que logran optimizar al máximo el espectro de radio permitido por el ente regulador.

Para este primer escenario, se plantea la sustitución de los antiguos radios de interconexión, por nuevos radios de microondas de alta capacidad, los cuales tienen la capacidad de manejar tanto E1's como Ethernet simultáneamente, facilitando la interconexión mediante paquetes IP entre las operadoras y los equipos de la red de Digitel.

Para esto se realizó el estudio del tráfico actual con cada operadora, y se realizaron los cálculos necesarios para lograr los requerimientos de ancho de banda para cada interconexión.

Se realizó el inventario físico de la cantidad de E1's utilizados actualmente en cada punto de interconexión, con cada operadora. Una vez obtenido el número de canales en uso, los mismos fueron convertidos a Mbps, según tres de los principales Codecs de codificación utilizados por las plataformas de VoIP de la corporación, estos son el G.711, G.723 y G.729.

Utilizando la calculadora Packetizer, se obtuvo como resultado los siguientes valores de ancho de banda:

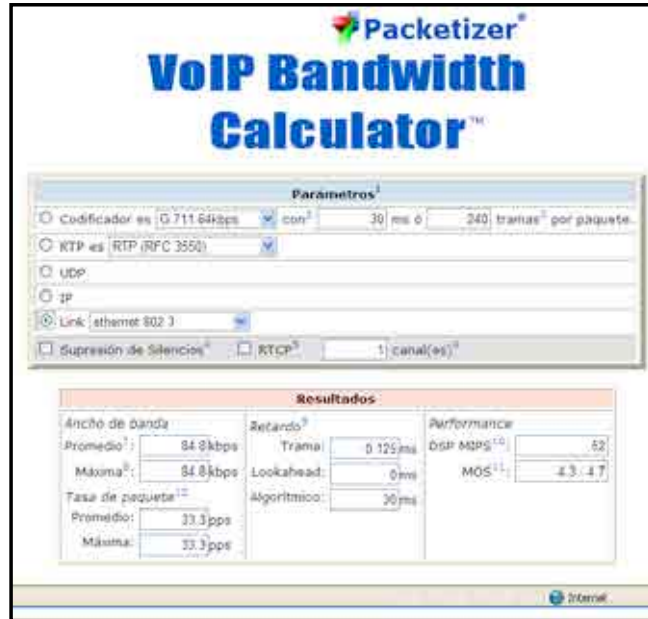


Figura tomada de: <http://www.bandcalc.com>. Consultado en fecha 24/01/12.

Figura 25. Codecs de codificación G.711.

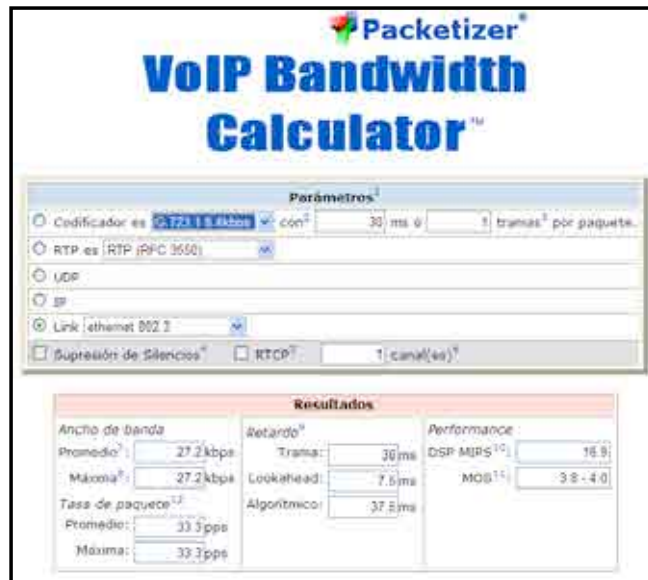


Figura tomada de: <http://www.bandcalc.com>. Consultado en fecha 24/01/12.

Figura 26. Codecs de codificación G.723.

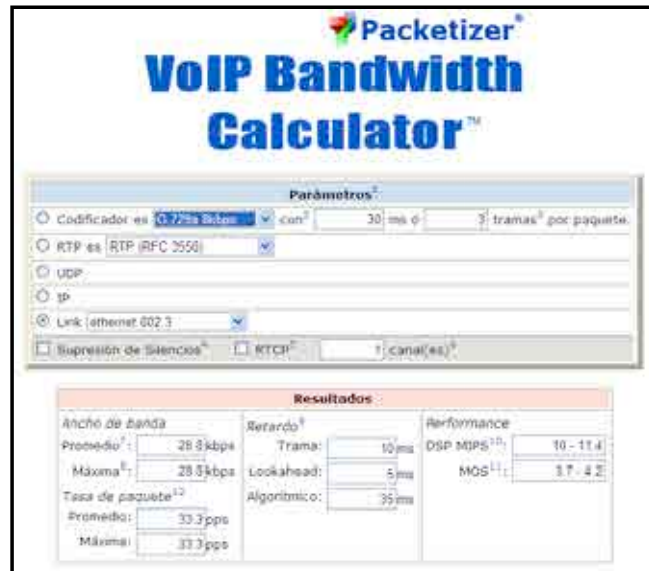


Figura tomada de: <http://www.bandcalc.com>. Consultado en fecha 24/01/12.

Figura 27. Codecs de codificación G.729.

El mejor codec es aquel que provee el mayor ahorro de ancho de banda mientras produce la menor degradación de la calidad de voz. El ancho de banda puede ser medido cuantitativamente, pero la calidad de voz requiere interpretación humana, a pesar de que estimados de calidad de voz pueden ser realizados por sistemas automatizados. En servicios de voz, especialmente cuando se usan Codecs (compresión/descompresión) para disminuir el ancho de banda requerido, el MOS (Mean Opinion Score) provee un indicativo de la calidad percibida de la señal después de ser comprimida y transmitida. El MOS es expresado mediante un número único dentro de un rango entre 1 y 5, donde 1 es la calidad más baja percibida, y 5 es la más alta.

Para nuestro escenario utilizaremos el códec G.729, ya que es el más indicado por el bajo consumo de ancho de banda, manteniendo una buena calidad de voz, y a su vez una buena puntuación en cuanto al MOS, con un valor aproximado de 3,92.

A través de estos cálculos podemos dimensionar el ancho de banda requerido para cada caso;

Mediante las plataformas de monitoreo y performance de la red de Digitel, se obtuvo el número de E1's utilizados actualmente para la interconexión de cada POI con cada operadora. Con ellos se calculan el número de canales (32 x E1), necesarios para obtener el resultado de ancho de banda requerido para los primeros tres años. Para se utilizó el método de cálculo de Erlang B, con un grado de servicio del 1%.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

CCS02							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	100	3.200	3.178	204.800	271.360	83.840	92.160	98.611	105.514
MOVISTAR	64	2.048	2.021	131.072	173.670	53.658	58.982	63.111	67.529
MOVILNET	111	3.552	3.532	227.328	301.210	93.062	102.298	109.458	117.121
INTER	2	64	51	4.096	5.427	1.677	1.843	1.972	2.110

CCS03							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	45	1.440	1.411	92.160	122.112	37.728	41.472	44.375	47.481
MOVISTAR	91	2.912	2.889	186.368	246.938	76.294	83.866	89.736	96.018
NETUNO	3	96	80	6.144	8.141	2.515	2.765	2.958	3.165
ENTEL	3	96	80	6.144	8.141	2.515	2.765	2.958	3.165

VAL03							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	72	2.304	2.278	147.456	195.379	60.365	66.355	71.000	75.970
MOVISTAR	98	3.136	3.114	200.704	265.933	82.163	90.317	96.639	103.404
MOVILNET	82	2.624	2.599	167.936	222.515	68.749	75.571	80.861	86.521
INTER	3	96	80	6.144	8.141	2.515	2.765	2.958	3.165

ORT01							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	35	1.120	1.091	71.680	94.976	29.344	32.256	34.514	36.930
MOVISTAR	50	1.600	1.571	102.400	135.680	41.920	46.080	49.306	52.757
MOVILNET	41	1.312	1.283	83.968	111.258	34.374	37.786	40.431	43.261
INTER	2	64	51	4.096	5.427	1.677	1.843	1.972	2.110

MBO01							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	35	1.120	1.091	71.680	94.976	29.344	32.256	34.514	36.930
MOVISTAR	50	1.600	1.571	102.400	135.680	41.920	46.080	49.306	52.757
MOVILNET	41	1.312	1.283	83.968	111.258	34.374	37.786	40.431	43.261
INTER	2	64	51	4.096	5.427	1.677	1.843	1.972	2.110

CANTV	26	832	804	53.248	70.554	21.798	23.962	25.639	27.434
MOVISTAR	38	1.216	1.187	77.824	103.117	31.859	35.021	37.472	40.095
MOVILNET	46	1.472	1.443	94.208	124.826	38.566	42.394	45.361	48.536
INTER	2	64	51	4.096	5.427	1.677	1.843	1.972	2.110

BTO01							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	20	640	613	40.960	54.272	16.768	18.432	19.722	21.103
MOVISTAR	19	608	581	38.912	51.558	15.930	17.510	18.736	20.048
MOVILNET	12	384	360	24.576	32.563	10.061	11.059	11.833	12.662

SCR01							AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
OPERADORA	N# E1	CANALES	ERLANG	BW (TDM)	BW (G.711)	BW (G.723)	BW (G.729)	BW (G.729)	BW (G.729)
CANTV	17	544	518	34.816	15.667	14.253	15.667	16.764	17.937
MOVISTAR	14	448	423	28.672	12.902	11.738	12.902	13.806	14.772
MOVILNET	7	224	203	14.336	6.451	5.869	6.451	6.903	7.386

Tabla 1. Cálculo Ancho de Banda de cada POI.

Según los cálculos realizados, podemos observar que actualmente se requiere de un ancho de banda máximo aproximado de 100 Mbps, y al cabo de los próximos tres años, la cantidad de ancho banda máximo requerido es de 117 Mbps, por lo que se puede planificar inicialmente, la instalación de los nuevos radios IP, con una interfaz de 1 STM1 (155 Mbps) con cada POI para cada operadora.

Para este caso se realizó el análisis con un radio de última generación diseñado para este tipo de interconexión, de fácil instalación, modular, y grandes capacidades de expansión.

El radio propuesto es un NERA Evolutions Series, el cual posee soluciones Ethernet desde 155 Mbps hasta un máximo de 622 Mbps, suficientes para el requerimiento máximo por los próximos tres años, soportando interfaces de conexión, tanto de E1's, STM-1 ópticos, STM-1 eléctricos y Ethernet. Esta característica de gran importancia en el caso de que la operadora requiera algún tipo de conexión adicional a la Ethernet (IP). Estos radios son compatibles con el estándar de mapeo GFP-F, de acuerdo a la UIT-T G.7041/Y.1303, capaces de realizar el mapeo en contenedores 1-63xVC-12, 1-3xVC-3 y 1-4xVC-4. A diferencia del estándar GFP-T,

el GFP-F sólo mapea los bytes de las tramas de la señal a transmitir, por lo que hace mejor y más eficaz uso del ancho de banda.

Adicional a los cálculos de interconexión, se realizó el análisis del tráfico utilizado por el backbone, ya que en el futuro, el backbone utilizado será el de IP /MPLS aprovechando los enlaces SDH actuales, el cual según describimos anteriormente solo tiene unas capacidades aproximadas a los 70 Mbps.

A continuación se indica el ancho de banda requerido para el backbone IP/MPLS, para todo el tráfico de Digitel, incluyendo el tráfico por la interconexión.

Para realizar estos cálculos, se utilizaron las distintas herramientas de monitoreo de performance de la red, y así poder extraer de los distintos MSC, los parámetros necesarios para el dimensionamiento del backbone IP. EL parámetro utilizado fue el de la cantidad de intentos de llamadas en hora pico (BHCA), y un tiempo de establecimiento de la llamada (MHT), de 45 seg.

Observamos que según los cálculos realizados, el ancho de banda requerido al inicio es de aproximadamente 1,3 Gbps, asumiendo un crecimiento anual del 7%. Finalmente al cabo de 3 años, se requiere de una ampliación del backbone IP/MPLS mínimo de 1,5 Gbps.

ANO 1				G-711		G-723		G-729		
SWITCH	BHCA MAX	MHT	BHCA MAX (ERLANGS)	CHANNELS	BW	TOTAL	BW	TOTAL	BW	TOTAL
CCS 02	799624	45	9995,30	9965	84,80 Kbps	845 Mbps	27,20 Kbps	271 Mbps	28,80 Kbps	287 Mbps
CCS 03	473228	45	5915,35	5918	84,80 Kbps	502 Mbps	27,20 Kbps	161 Mbps	28,80 Kbps	170 Mbps
VAL03	836437	45	10455,46	10421	84,80 Kbps	884 Mbps	27,20 Kbps	283 Mbps	28,80 Kbps	300 Mbps
MBO01	588030	45	7350,38	7342	84,80 Kbps	623 Mbps	27,20 Kbps	200 Mbps	28,80 Kbps	211 Mbps
BT001	477842	45	5973,03	5976	84,80 Kbps	507 Mbps	27,20 Kbps	163 Mbps	28,80 Kbps	172 Mbps
PLC01	161897	45	2023,71	2051	84,80 Kbps	174 Mbps	27,20 Kbps	56 Mbps	28,80 Kbps	59 Mbps
TOTAL					3534 Mbps		1134 Mbps		1200 Mbps	
					353 Mbps		113 Mbps		120 Mbps	
					3887 Mbps		1247 Mbps		1320 Mbps	
					10 % SE REALIZACION					

ANO 2				G-711		G-723		G-729		
SWITCH	BHCA MAX	MHT	BHCA MAX (ERLANGS)	CHANNELS	BW	TOTAL	BW	TOTAL	BW	TOTAL
CCS 02	855598	45	10694,97	10658	84,80 Kbps	904 Mbps	27,20 Kbps	290 Mbps	28,80 Kbps	307 Mbps
CCS 03	506354	45	6329,42	6329	84,80 Kbps	537 Mbps	27,20 Kbps	172 Mbps	28,80 Kbps	181 Mbps
VAL03	894988	45	11187,34	11146	84,80 Kbps	945 Mbps	27,20 Kbps	308 Mbps	28,80 Kbps	321 Mbps
MBO01	629182	45	7864,30	7852	84,80 Kbps	666 Mbps	27,20 Kbps	214 Mbps	28,80 Kbps	226 Mbps
BT001	513291	45	6291,14	6291	84,80 Kbps	527 Mbps	27,20 Kbps	174 Mbps	28,80 Kbps	184 Mbps
PLC01	173230	45	2195,37	2192	84,80 Kbps	186 Mbps	27,20 Kbps	60 Mbps	28,80 Kbps	63 Mbps
TOTAL					3779 Mbps		1212 Mbps		1284 Mbps	
					378 Mbps		121 Mbps		128 Mbps	
					4157 Mbps		1333 Mbps		1412 Mbps	
					10 % SE REALIZACION					

ANO 3				G-711		G-723		G-729		
SWITCH	BHCA MAX	MHT	BHCA MAX (ERLANGS)	CHANNELS	BW	TOTAL	BW	TOTAL	BW	TOTAL
CCS 02	915490	45	11443,62	11400	84,80 Kbps	967 Mbps	27,20 Kbps	310 Mbps	28,80 Kbps	328 Mbps
CCS 03	541799	45	6772,48	6769	84,80 Kbps	574 Mbps	27,20 Kbps	184 Mbps	28,80 Kbps	195 Mbps
VAL03	957637	45	11970,46	11922	84,80 Kbps	1011 Mbps	27,20 Kbps	324 Mbps	28,80 Kbps	343 Mbps
MBO01	673236	45	8415,44	8398	84,80 Kbps	712 Mbps	27,20 Kbps	228 Mbps	28,80 Kbps	242 Mbps
BT001	547081	45	6838,52	6834	84,80 Kbps	580 Mbps	27,20 Kbps	186 Mbps	28,80 Kbps	197 Mbps
PLC01	185356	45	2316,95	2343	84,80 Kbps	199 Mbps	27,20 Kbps	64 Mbps	28,80 Kbps	67 Mbps
TOTAL					4042 Mbps		1307 Mbps		1373 Mbps	
					404 Mbps		130 Mbps		137 Mbps	
					4446 Mbps		1438 Mbps		1510 Mbps	
					10 % SE REALIZACION					

Tabla 2. Cálculo de Ancho Banda Backbone.

4.2. ESCENARIO B (ENLACES ETHERNET HACIA INTERNET).

Para este segundo escenario, se plantea la sustitución de todos los radios de interconexión, por una sola conexión Ethernet directa a Internet en cada punto de interconexión, asumiendo que cada operadora acepta este tipo de interconexión, o tenga la factibilidad de implementarla.

En este caso, la interconexión entre las otras operadoras y Digitel, a través de redes IP, puede llevarse a cabo directamente, sin necesidad de algún equipo de conversión, puesto que no habría nada que convertir: se utilizaría el protocolo SIP para la señalización en ambas redes y la conexión sería a través de la nube de Internet directamente.

Por razones de seguridad, y debido a que este proceso de interconexión se realizará por medio de las redes públicas (Internet), es recomendable la utilización de redes privadas virtuales (VPN), las cuales incrementan la seguridad de la transmisión mediante un proceso de encapsulación y en su caso de encriptación de los paquetes de datos a los distintos puntos remotos mediante el uso de unas infraestructuras públicas de transporte. Los paquetes de datos de la red privada viajan por medio de un "túnel" definido en la red pública (Internet).

Es evidente que la transmisión de datos corporativos por Internet puede generar numerosos problemas de seguridad. No obstante, cualquier VPN con prestaciones sencillas ofrece un nivel básico de seguridad, ya que permite separar los flujos de datos y formar grupos lógicos de usuarios, restringiendo de esta forma el acceso de cada usuario al contenido de su propia VPN.

También existen varios tipos de VPN para mayor seguridad, tales como VPN IPsec, que utiliza tecnologías de cifrado y autenticación para crear un túnel privado seguro a través de una red IP.

Las Ventajas de una red VPN son:

- Integridad, confidencialidad y seguridad de datos.
- Ahorro: nos permite reducir los costos, aprovechando el uso de la red pública.
- Sencillez: son fáciles de configurar y de usar.
- Facilita la comunicación entre dos lugares distantes.
- Autenticación y Autorización, garantiza que los datos están siendo transmitidos o recibidos desde dispositivos remotos autorizados y no desde un equipo cualquiera haciéndose pasar por él.

Por estas razones, es factible que esta sea una solución para el uso de interconexión VoIP entre Digitel y las otras operadoras a través de la red pública.

Por razones de control del tráfico, calidad de servicio y de seguridad, las redes IP suelen emplear unos elementos en la interconexión que están ubicados en la frontera o punto de interconexión de las redes, que reciben el nombre de controlador frontera de sesiones (Session Border Controller) y que a su vez comprenden dos elementos:

- Signaling Border Element: Elemento frontera encargado de la señalización. Adicionalmente estos elementos pueden realizar funciones de control de admisión, privacidad, encriptación, calidad de servicio, conversión de protocolos, etc.
- Data Border Element: Elemento frontera encargado del tráfico de usuario.

Generalmente ambas funciones de señalización/tráfico se concentran en un mismo equipo. En nuestro caso, se recomienda el Controlador ASR 1002 de Cisco, el cual cumple con las especificaciones técnicas y de seguridad requeridas para este proyecto.

Estos equipos soportan capacidades de procesamiento suficientes, para los requerimientos necesarios para la interconexión, en nuestro caso un máximo de 300 Mbps.

Debido a que la corporación se encuentra en el proceso de instalación de equipos de última generación en cada punto de interconexión, que manejan protocolos SIP, y conexión directa Ethernet, tales como los Softswitch y MG, se propone instalar un punto de salida hacia la nube de Internet en cada POI, y de esta manera disminuir el tráfico de utilización del Backbone principal, ya que las llamadas locales se enrutarán directamente hacia la nube, y en caso de posibles fallas del proveedor de Internet, se podría enrutar al POI más cercano sin necesidad de congestionar todo el Backbone.

Según los cálculos realizados anteriormente, se propone un alquiler hacia la nube de Internet de un enlace Ethernet de 155 Mbps (1 STM1), en cada POI correspondiente. Con la posibilidad de un aumento escalable, dependiendo de las necesidades futuras de intercambio de datos con las terceras operadoras.

A continuación se muestra el diagrama con la propuesta de la interconexión entre las operadoras y la red de Digitel. Aquí podemos observar que la conexión hacia la red pública es establecida en cada punto de interconexión.

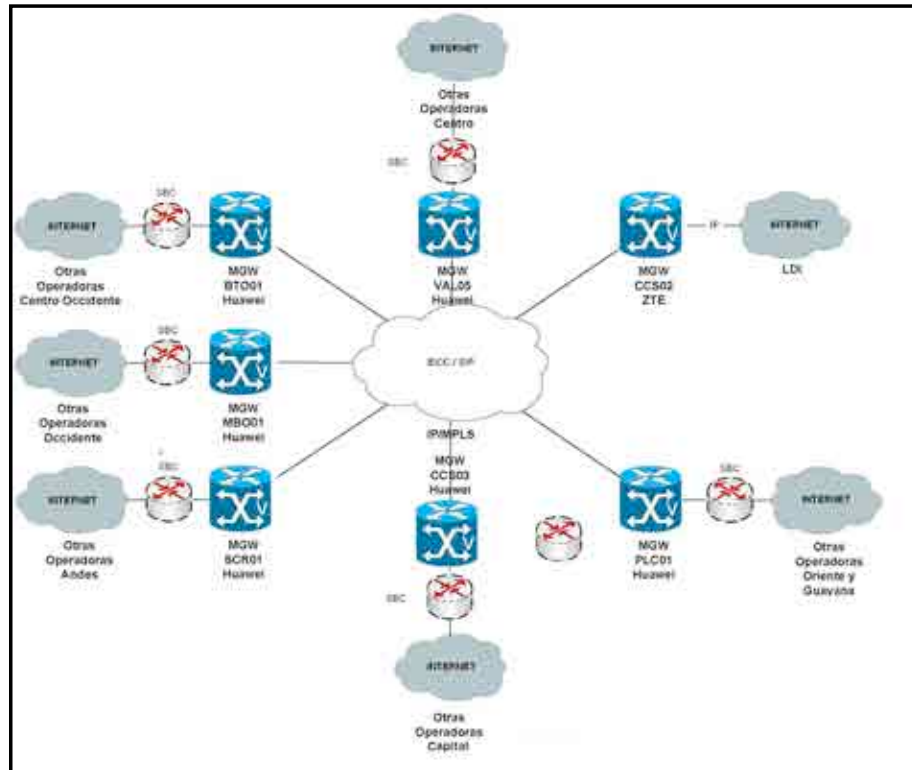


Figura 26. Escenario B de la Interconexión.

Hay que acotar que adicional a la adquisición de estos equipos, particularmente en este escenario, es necesario el alquiler de los servicios de internet, utilizando uno ó varios proveedores locales. Esto genera un gasto adicional mensual, para la empresa, el cual debe ser tomado en cuenta en el momento de realizar el análisis económico, ya que incrementa de gran manera los gastos requeridos para realizar la interconexión.

Luego de explicar ambas propuestas, procedemos a realizar el estudio económico, y de esta manera concluir cual de las dos soluciones puede aportar la mejor solución para la empresa.

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.

A continuación se analizarán ambas soluciones de una manera que sea factible para la empresa, y no acarree en grandes gastos innecesarios.

Para estos cálculos se tomaron los valores actuales de los equipos a instalar en cada escenario, los costos por instalación y mantenimiento, los ingresos actuales por el tráfico de interconexión, los gastos mensuales en el caso que amerite, una tasa de descuento actual del 40 %, y un período de depreciación de 5 años.

En el anexo XI, se adjuntan los resultados de los cálculos para cada escenario planteado.

El método utilizado para evaluar ambas opciones de inversión fue el de flujos de caja descontado o valor presente neto, el cual se base en traer al valor de hoy los flujos de fondos provenientes de las inversiones realizadas menos las inversiones incurridas durante el período de tiempo en estudio. Estos flujos de fondos se deben descontar a una tasa determinada por el inversionista, la cual se denomina tasa de descuento y que implica la tasa mínima requerida de retorno de la inversión.

En el caso presentado en este trabajo, se plantean dos opciones de inversión. Ambas opciones varían principalmente por los costos de los equipos y por los costos continuos que permiten mantener la operatividad del servicio y por ende la generación de ingresos. Esta situación, produce flujos de caja distintos para cada inversión. Los equipos de la opción A tienen una inversión inicial muy alta en equipos pero poca necesidad de fondos en el tiempo. Por el contrario, la opción B tiene unos costos menores de inversión inicial en equipos pero una alta necesidad de fondos para mantener la operatividad.

Al analizar ambos escenarios con el método de VPN y descontando ambos proyectos a la tasa establecida por la empresa, se puede observar que ambos proyectos

ofrecen un valor positivo. Sin embargo, la opción A es la más conveniente, ya que su valor presente neto es mayor al obtenido por la opción B.

A pesar de la mayor inversión inicial requerida por la opción A, la baja necesidad de fondos en los años restantes permite que se obtenga un valor presente más conveniente para la empresa. Por esta razón, la decisión más conveniente para la empresa es ejecutar la opción A, ya que maximiza en mayor medida su valor.

CONCLUSIONES

Al culminar el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

Se evidencia un importante crecimiento tecnológico vinculado con el campo de las telecomunicaciones, lo cual ha generado el desarrollo de nuevas propuestas técnicas capaces de ofrecer grandes beneficios a bajo costo.

Desde la perspectiva legal se puede precisar que uno de los documentos más importante en el contexto venezolano es la Ley Orgánica de telecomunicaciones (2000) donde se establecen las reglamentaciones nacionales vinculadas con el desarrollo de las telecomunicaciones en el país. En este documento macro, así como en los reglamentos, providencias y resoluciones emanadas por CONATEL, se evidencia la factibilidad legal de implementación de VoIP, para una operadora que ofrece servicios de telefonía, siempre y cuando se concreten los acuerdos necesarios y las negociaciones de interconexión con demás operadores, así como el seguimiento de los lineamientos acordados a nivel internacional, como los establecidos por la UIT.

En relación con el aspecto Técnico, se recomienda como una alternativa viable para la interconexión de VoIP con los terceros operadores, la instalación de radios de última generación, que soporten tanto la interconexión a través de paquetes como enlaces TDM. Esto hace posible el intercambio de información mediante nuevos protocolos tales como H.323 y SIP, los cuales son la clave para el establecimiento futuro de una arquitectura IMS, donde se garantizará la interoperabilidad con redes NGN, LTE entre otras. Esta situación propiciará el escenario ideal para la evolución desde la 3G la 4G que es la que dominará en el futuro cercano el mercado de las telecomunicaciones.

Se hace importante resaltar, que si bien el tema de QoS ha sido la base fundamental de las críticas sobre VoIP, por las deficiencias que presenta en cuanto a

retrasos o pérdidas en la entrega de paquetes, las empresas vinculadas con el campo de las telecomunicaciones han desarrollado productos que buscan minimizar el porcentaje de error en este tipo de transmisiones, demostrando resultados positivos, lo cual garantiza la calidad de servicio al usuario final.

Con respecto al análisis económico, se puede concluir que si bien la migración tecnológica para garantizar la implementación de VoIP implica una inversión importante debido a la necesidad de adquirir nuevos equipos, promueven el avance tecnológico hacia las Redes de Próxima Generación, y a su vez un mejor aprovechamiento de las redes, en vista de que la transmisión no se realiza por canales fijos, sino por protocolos de paquetes (Internet), lo cual propicia un escenario adecuado para el crecimiento, la calidad y la diversidad en la oferta de nuevos servicios.

RECOMENDACIONES

Debido a que la corporación Digitel, se encuentra en el proceso de ampliación e instalación de los nuevos Softswitch y Media Gateway a nivel nacional, es recomendable realizar el inventario en los POI's respectivos: Barquisimeto, Maracaibo, San Cristóbal, Valencia y Puerto la Cruz, y así determinar incluyan todas las interfaces necesarias para las conexiones IP. Actualmente se pudo constatar que el Media Gateway instalado en la ciudad de Caracas (CCS03), sí se encuentra con todas las condiciones para iniciar el proceso de interconexión.

Es recomendable en cada caso, realizar el levantamiento en el sitio del perfil de microondas, y el barrido de frecuencias correspondiente, y de esta manera determinar la frecuencia a utilizar, las cuales deben ser las permitidas por el ente regulador CONATEL.

A través del análisis del cálculo del ancho de banda del backbone de la red de Digitel, notamos que actualmente la cantidad de ancho de banda implementado en IP/MPLS es muy bajo, vemos que se acercan a niveles de 70 Mbps. La recomendación es continuar con el proceso de ampliación de este backbone, a través de los Router destinados para este proceso y adecuarlo para el futuro de las redes 3G y 4G.

BIBLIOGRAFIA

Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y empresas de Telecomunicaciones (AHCJET). Las telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información. 2005.

Tanenbaum, A., Redes de Computadoras. Tercera edición. Prentice Hall.

Franklin D. Ohrtman, Jr. SoftSwitch, architecture for VoIP. McGraw-Hill Networking. 2004.

Timothy Kelly. VoIP for DUMMIES. Wiley Publishing, inc. 2005.

Lawrence Miller. SIP Communications for DUMMIES. Wiley Publishing, inc. 2009.

Ing. Héctor Ruso. Tráfico: Aspectos estratégicos y Comerciales. ITU. 2004.

SoftSwitch. www.monografias.com. Consultado el 01/07/11.

CONATEL. Plan Técnico fundamental de señalización (PTFS).

Ing. Julián María Ganzábal. Cálculo de ancho de Banda en VoIP. Larent. 2008.

Document ID: 7934. Voice Over IP – Per Call Bandwidth Consumption. Cisco. 2006.

Guillermo Baca. Ingeniería Económica. Editorial Educativa. 1993. P. 129-161.

CONATEL. Providencia Administrativa No. 1791. Enero 2011.

Gary Cooper Martínez. Arquitectura orientada al Servicio en el Ámbito de las redes de Nueva generación. CINTEL. 2008

HUAWEI. Manual de Usuario: (OWH10) UMG8900 Hardware del Sistema. P 1 - 93.

NERA. Evolutions Series: User Manual. B4065 Rev. Q.

Comisión Nacional de Telecomunicaciones (2001). Interconexión. La experiencia Venezolana en el marco de la apertura de los servicios de telefonía básica. Informe presentado ante la Unión Nacional de Telecomunicaciones. Caracas: CONATEL.

Informática Hoy (s/f) Entender VoIP (voz sobre IP). [en línea] Recuperado el 15 de Octubre de 2010 en <http://www.informatica-hoy.com.ar/voz-ip-voip/Entender-VoIP-Voz-sobre-IP.php>

Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2000). En Gaceta Oficial No. 36.920. Caracas, Venezuela: Asamblea Nacional Constituyente.

Reglamento de Apertura de los Servicios de Telefonía Básica (2000). En Gaceta Oficial No. 37.085. Caracas, Venezuela: Asamblea Nacional Constituyente.

Reglamento de Interconexión. (2000) En Gaceta Oficial N° 37.085. Caracas, Venezuela: Asamblea Nacional Constituyente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Tanen[1] <http://www.eveliux.com/mx/red-de-transporte.php>. Consultado en fecha 28/11/11.
- [2] <http://gjdcaampion.blogspot.com/2009/06/funcion-de-control-trafico-telefonico-10.html>. Consultado el 01/12/11.
- [3] Giancarlo García Girón. Propuesta de migración de la red NGN de una operadora implementada en IP hacia MPLS. 2009. p 24-27.
- [4] <http://www.coit.es/publicac/publbit/bit109/quees.htm>. José Manuel Huidobro. H.323. Multimedia sobre redes IP. Consultado el 01/12/11.
- [5] <http://greco.dit.upm.es/~enrique/pub/jbento-Memoria.pdf>. p 32-48. Consultado el 28/07/11.
- [6] Bernardo Carlos Quintana Rüedlinger. Red Nacional de Comunicaciones públicas de voz de larga distancia basada en tecnología NGN / VoIP. p 64.
- [7] ZNATY Simón, DAUPHIN Jean-Louis, GELDWERTH Roland. “IP Multimedia Subsystem: Principios y Arquitectura”.
- [8] Edith Márquez. Protocolo UDP. p 1-3.
- [9] ATTAL Denis “IMS: LA TELEFONIA EN LA ERA INTERNET”, Revista de Telecomunicaciones de ALCALTEL. p 40.
- [10] Manuel Nakamurakare Higa. IP Backhaul para redes móviles. Publicado el 22/11/09.

[11] Ramón Jesús Millán Tejedor. IP Multimedia Subsystem. Convergencia total en IMS. Publicado en Comunicaciones World n° 214, IDG Communications S.A, 2006.

[12] <http://www.ipref.info/2010/04/calculo-de-la-latencia.html>. Consultado el 29/11/11.baum, Andrew S. *Redes de Computadoras*. Prentice Hall. 2003.

ANEXO I

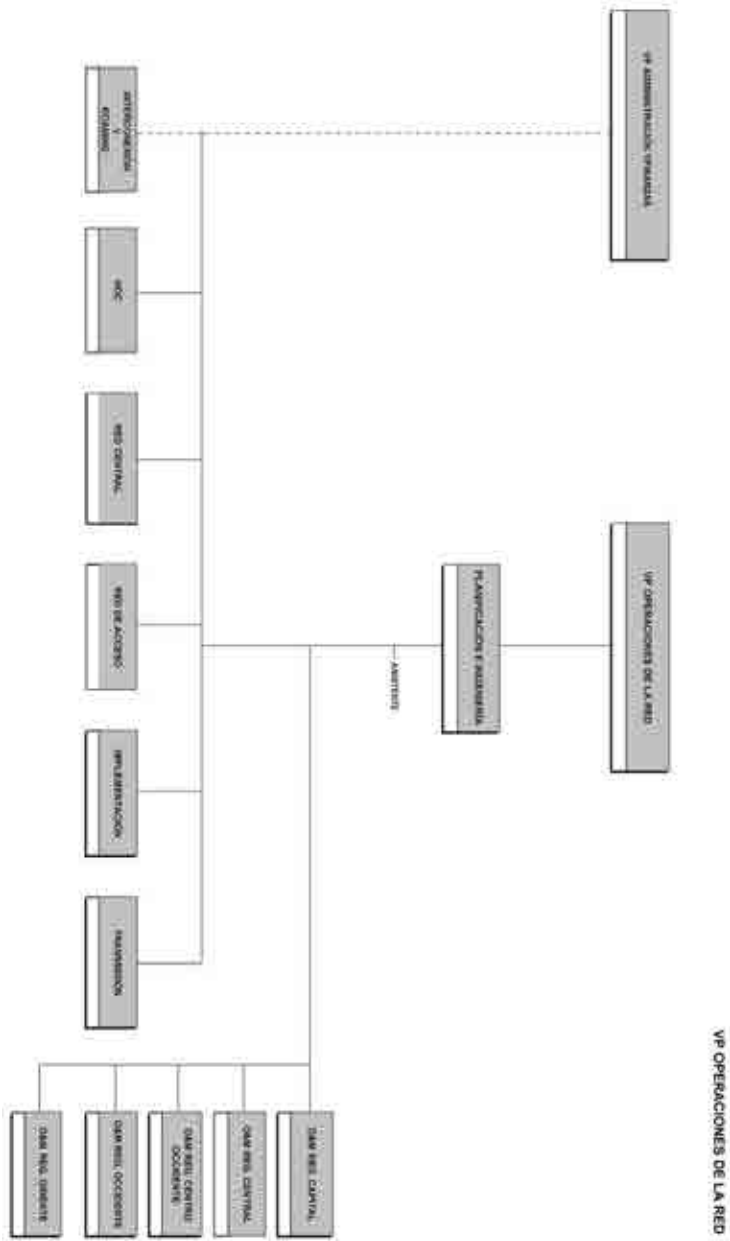


Figura tomada de: Diagrama propiedad de Digitel.

Anexo I. Estructura de la VP de operaciones de la red

ANEXO II

TABLA DE ERLANG B

B: Grado de servicio

Número de líneas

Tráfico

m	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	m
1	.007715	.008085	.009008	.01010	.02044	.03093	.05263	.11134	.25003	.66667	1
2	.12600	.13533	.14416	.15259	.22347	.38155	.58132	.99545	1.00000	2.00000	2
3	.39664	.41757	.43741	.45549	.60221	.74543	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0054	2.9452	5.0210	4
5	1.2862	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0004	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.3759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3826	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.3973	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.3464	8.3217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.3106	9.6859	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.774	5.8760	6.6155	7.110	7.9501	9.4740	12.006	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5015	6.6072	7.4015	7.9663	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9827	7.1173	7.2362	7.3517	8.2003	8.8035	9.7395	11.473	14.473	21.245	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.461	15.698	22.894	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.897	24.541	16
17	9.2149	9.3714	9.5177	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.019	26.182	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.494	12.238	13.385	15.448	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.379	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.890	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.673	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.034	21.784	26.499	37.779	24
25	15.530	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.563	16.768	16.959	18.393	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.183	17.387	17.601	17.792	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.248	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.633	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.143	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.922	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.317	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.337	36.295	51.056	32

Figura tomada de: http://andres911-trafficotелефonico.blogspot.com/2009_06_01_archive.html. Consultado en fecha 22/01/12.

Anexo II.1. Ejemplo de tabla de Erlang b

Erlang B Traffic Table

N/B	Maximum Offered Load Versus B and N											
	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.0000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

Anexo II.2. Tabla de distribución Erlang b

ANEXO II

44	24.33	26.53	27.64	30.80	32.54	34.68	38.56	43.09	47.09	51.09	59.92	71.01
45	25.08	27.32	28.45	31.66	33.43	35.61	39.55	44.17	48.25	52.32	61.35	72.67
46	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
47	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
48	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
49	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
50	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
71	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
72	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
73	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
74	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
75	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
76	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
77	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
78	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
79	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
80	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
81	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
82	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
83	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
84	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
85	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
86	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
87	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
88	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
89	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
90	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6

Anexo II.3. Tabla de distribución Erlang b

ANEXO II

91	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
92	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9
93	63.42	67.21	69.10	74.50	77.49	81.20	88.08	96.43	104.1	111.9	129.8	152.6
94	64.25	68.07	69.98	75.41	78.43	82.17	89.10	97.53	105.3	113.2	131.2	154.3
95	65.08	68.93	70.85	76.33	79.37	83.13	90.12	98.63	106.4	114.4	132.6	155.9
96	65.92	69.79	71.73	77.24	80.31	84.10	91.15	99.72	107.6	115.7	134.0	157.6
97	66.75	70.65	72.61	78.16	81.25	85.07	92.17	100.8	108.8	116.9	135.5	159.3
98	67.59	71.52	73.48	79.07	82.18	86.04	93.19	101.9	109.9	118.2	136.9	160.9
99	68.43	72.38	74.36	79.99	83.12	87.00	94.22	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6
100	69.27	73.25	75.24	80.91	84.06	87.97	95.24	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter

Figura tomada de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Traffic_table.gif. Consultado el 22/01/12.

Anexo II.3. Tabla de distribución Erlang b

ANEXO III

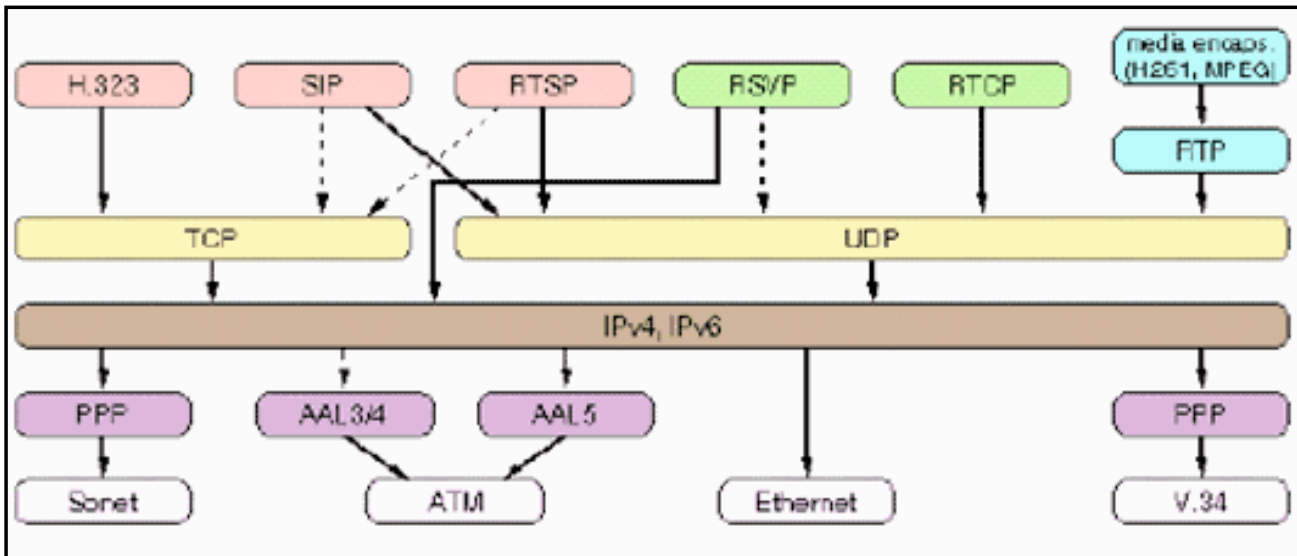


Figura tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones2.shtml>. Consultado en fecha 06/03/12.

Anexo III. Protocolo SIP en conjunto con demás protocolos

ANEXO IV

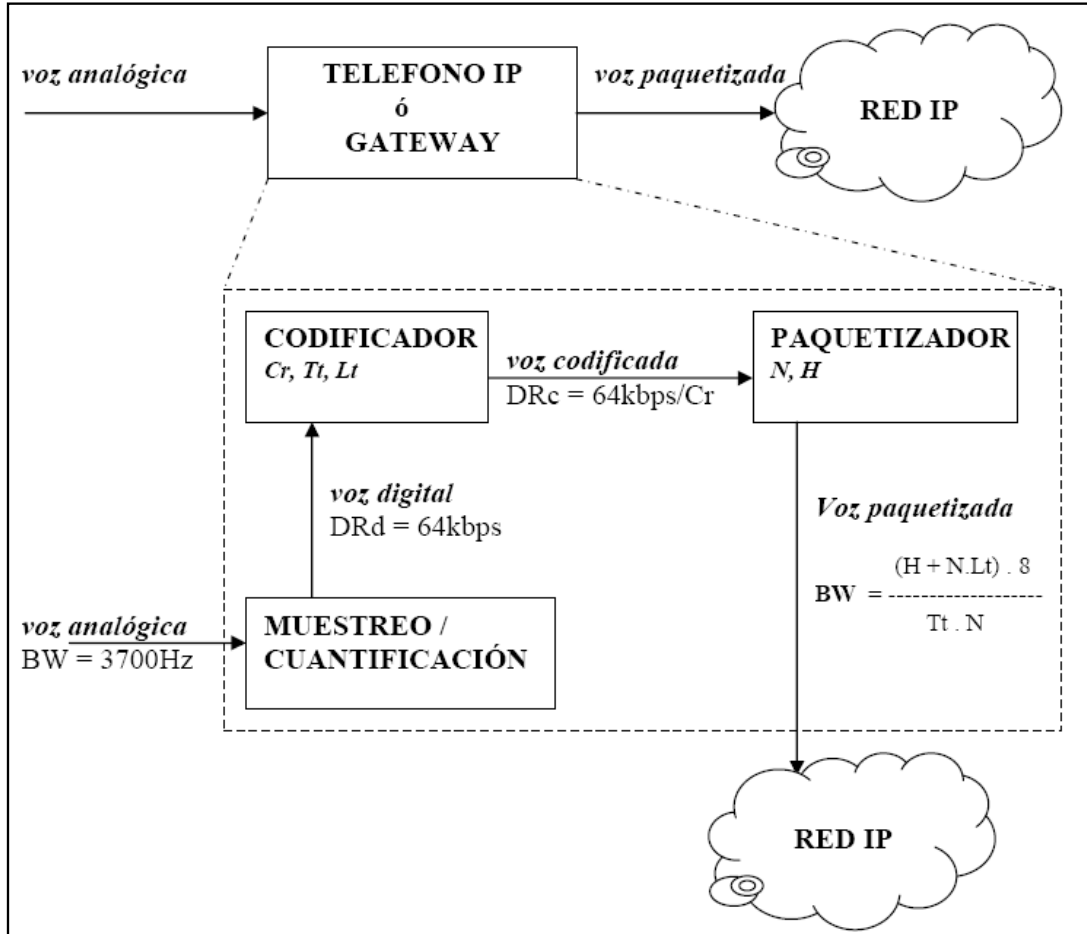


Figura tomada de: Cálculo de Ancho de banda en Voip. Laurent. Pág. 1.

Anexo VI. Proceso de compresión de la voz

ANEXO V

ANEXO V

Nombre	Estandarizado	Descripción	Bit rate (kbs)	Sampling rate (kHz)	Frame size (ms)	Observaciones	MOS (Mean Opinion Score)
G.711*	ITU-T	Pulse code modulation (PCM)	64	8	Muestreada	Tiene dos versiones u-law (US, Japan) y a-law (Europa) para muestrear la señal	4.1
G.711.1*	ITU-T	Pulse code modulation (PCM)	80-96Kbps	8	Muestreada	Mejora del codec G.711 para abarcar la banda de 50 Hz a 7 KHz. Mas info	
G.721	ITU-T	Adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)	32	8	Muestreada	Obsoleta. Se ha transformado en la G.726.	
G.722	ITU-T	7 kHz audio-coding within 64 kbit/s	64	16	Muestreada	Divide los 16 KHz en dos bandas cada una usando ADPCM	
G.722.1	ITU-T	Codificación a 24 y 32 kbit/s para sistemas sin manos con baja pérdida de paquetes	24/32	16	20		
G.722.2 AMR-WB	ITU-T	Adaptive Multi-Rate Wideband Codec (AMR-WB)	23.85/ 23.05/ 19.85/ 18.25/ 15.85/ 14.25/ 12.65/8.85/ 6.6	16	20	Se usa principalmente para compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación. Mas info	
G.723	ITU-T	Extensión de la norma G.721 a 24 y 40 kbit/s para aplicaciones en circuitos digitales.	24/40	8	Muestreada	Obsoleta por G.726. Es totalmente diferente de G.723.1.	
G.723.1	ITU-T	Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 4.3 and 6.3 kbit/s	4.6/6.3	8	30	Parte de H.324 video conferencing. Codifica la señal usando linear predictive analysis-by-synthesis coding	3.8-3.9
G.726	ITU-T	40, 32, 24, 16 kbit/s adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)	16/24/32/40	8	Muestreada	ADPCM; reemplaza a G.721 y G.723.	3.85
G.729**	ITU-T	Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP)	8	8	10	Bajo retardo (15 ms)	3.92
G.729.1	ITU-T	Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP)	8/12/14/16/ 18/20/22/24/ 26/28/30/32	8	10	Ancho de banda desde 50Hz a 7 KHz Mas info	

Figura tomada de <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>. Consultado el 22/01/12.

ANEXO VI

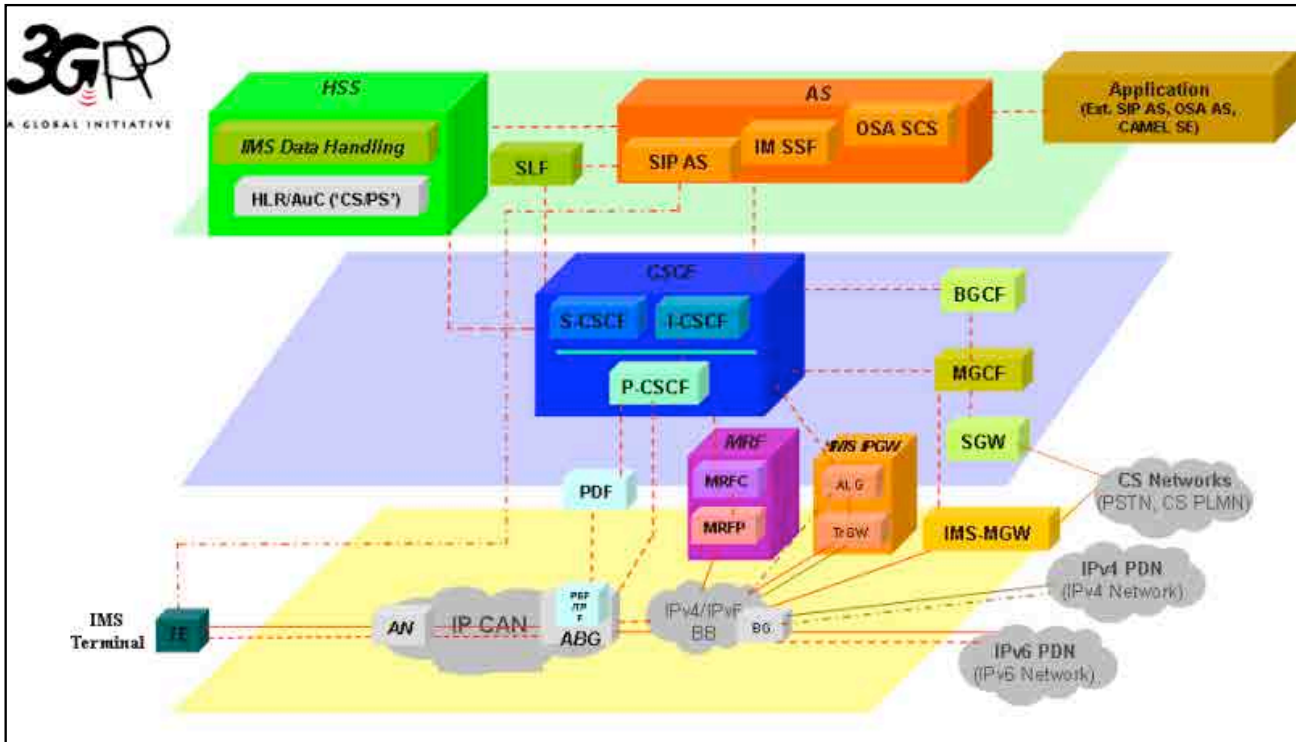
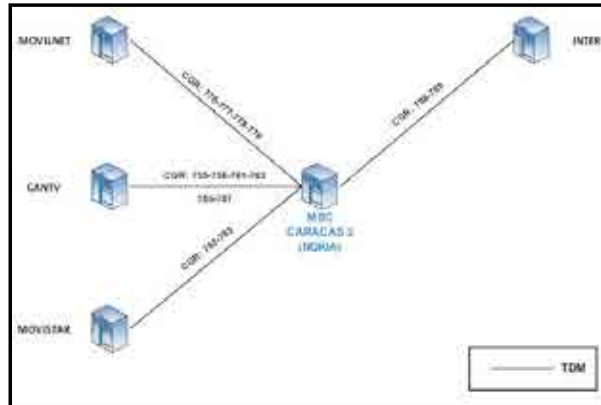


Figura tomada de "A Single Killer App? Not in Today's Personalized World". [NOR2007]. Consultado el 15/01/12.

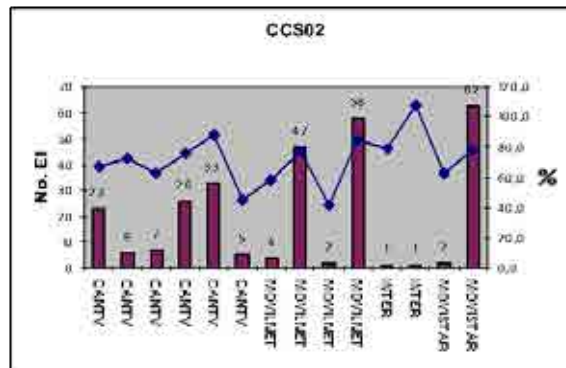
Anexo VI. Arquitectura de una red IMS

ANEXO VII

POI CCS02

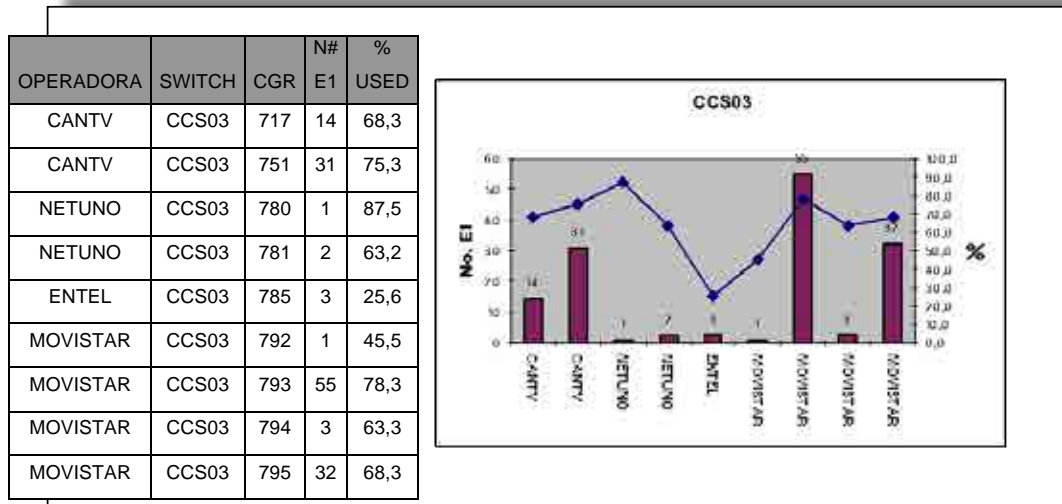
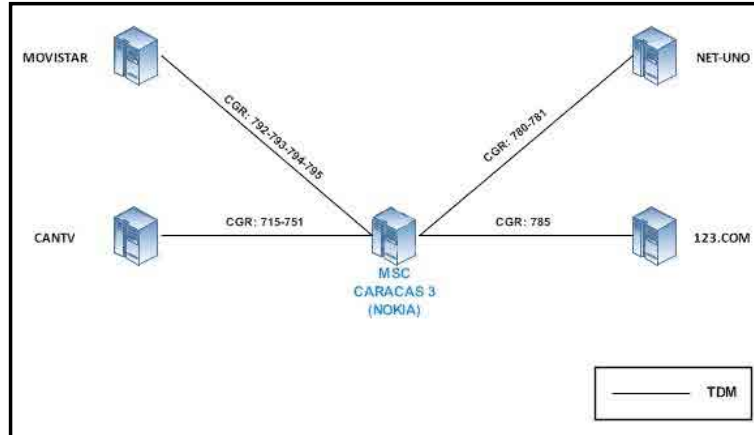


OPERADORA	SWITCH	CGR	N# E1	% USED
CANTV	CCS02	755	23	67,5
CANTV	CCS02	756	6	73,2
CANTV	CCS02	761	7	63,2
CANTV	CCS02	763	26	75,8
CANTV	CCS02	765	33	88,3
CANTV	CCS02	767	5	45,67
MOVILNET	CCS02	776	4	58,3
MOVILNET	CCS02	777	47	76,56
MOVILNET	CCS02	778	2	42,3
MOVILNET	CCS02	779	58	85,2
INTER	CCS02	788	1	79,21
INTER	CCS02	789	1	96,98
MOVISTAR	CCS02	792	2	63,22
MOVISTAR	CCS02	793	62	78,25



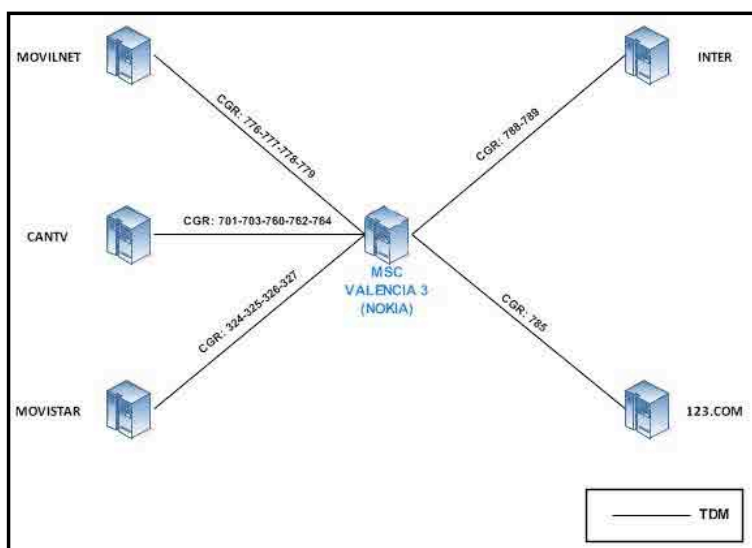
Anexo VII. Porcentaje de uso del POI CCS02

POI CCS03

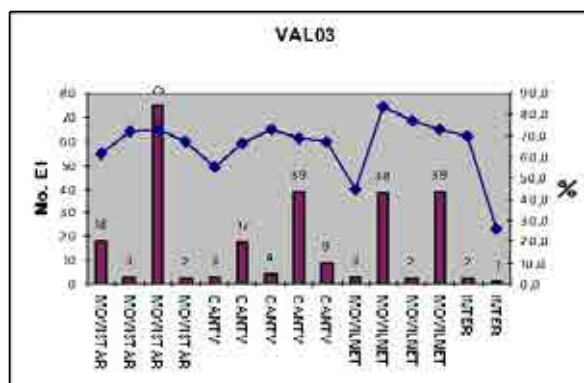


Anexo VII. Porcentaje de uso del POI CCS03

POI VAL03

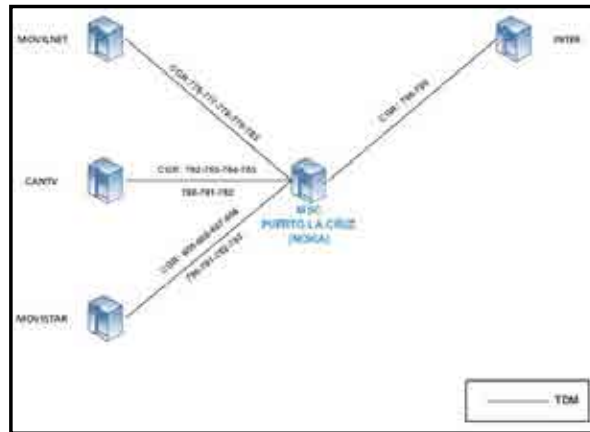


OPERADORA	SWITCH	CGR	N#	%
			E1	USED
MOVISTAR	VAL03	324	18	62,0
MOVISTAR	VAL03	325	3	72,3
MOVISTAR	VAL03	326	75	73,2
MOVISTAR	VAL03	327	2	67,4
CANTV	VAL03	701	3	55,1
CANTV	VAL03	703	17	66,8
CANTV	VAL03	760	4	73,3
CANTV	VAL03	762	39	69,1
CANTV	VAL03	764	9	67,6
MOVILNET	VAL03	776	3	44,3
MOVILNET	VAL03	777	38	83,6
MOVILNET	VAL03	778	2	77,1
MOVILNET	VAL03	779	39	72,6
INTER	VAL03	788	2	69,7
INTER	VAL03	789	1	25,6

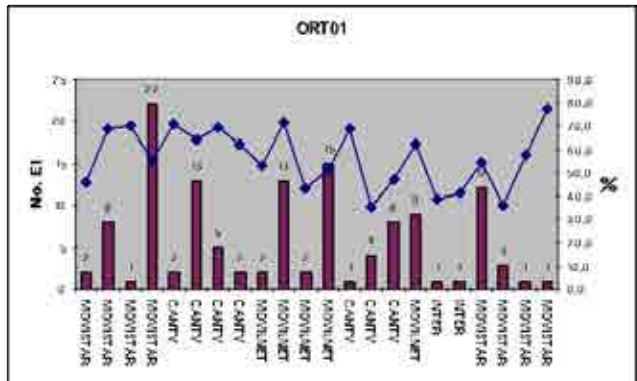


Anexo VII. Porcentaje de uso del POI VAL03

POI PLC01

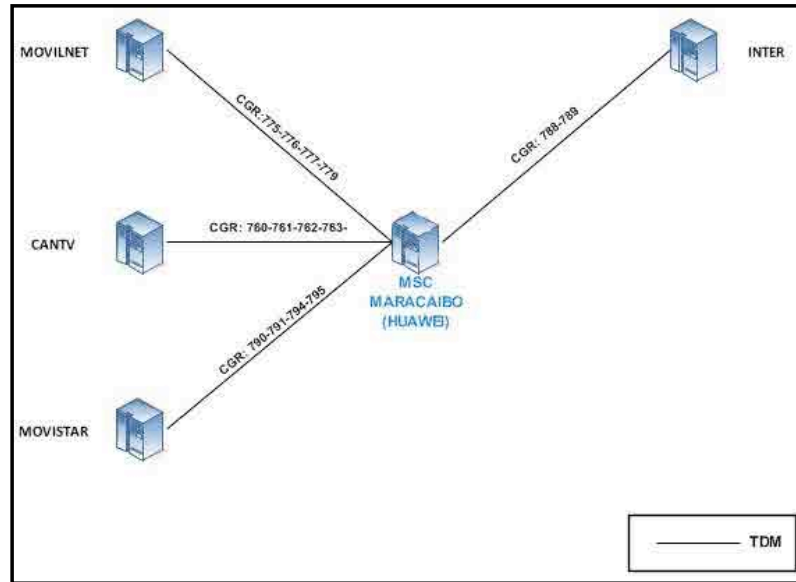


OPERADORA	SWITCH	CGR	N# E1	% USED
MOVISTAR	ORT01	605	2	45,7
MOVISTAR	ORT01	606	8	69,1
MOVISTAR	ORT01	607	1	70,0
MOVISTAR	ORT01	608	22	55,1
CANTV	ORT01	762	2	70,7
CANTV	ORT01	763	13	64,4
CANTV	ORT01	764	5	69,4
CANTV	ORT01	765	2	62,5
MOVILNET	ORT01	776	2	53,0
MOVILNET	ORT01	777	13	71,8
MOVILNET	ORT01	778	2	43,1
MOVILNET	ORT01	779	15	51,5
CANTV	ORT01	780	1	68,7
CANTV	ORT01	781	4	35,5
CANTV	ORT01	782	8	47,2
MOVILNET	ORT01	783	9	62,1
INTER	ORT01	788	1	38,7
INTER	ORT01	789	1	41,5
MOVISTAR	ORT01	790	12	54,6
MOVISTAR	ORT01	791	3	36,1
MOVISTAR	ORT01	792	1	58,0
MOVISTAR	ORT01	793	1	77,5

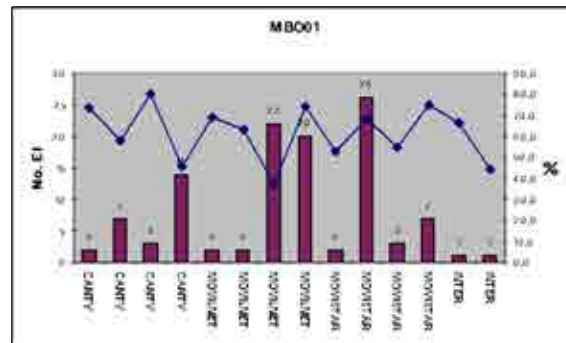


Anexo VII. Porcentaje de uso del POI PLC01

PLC MBO01

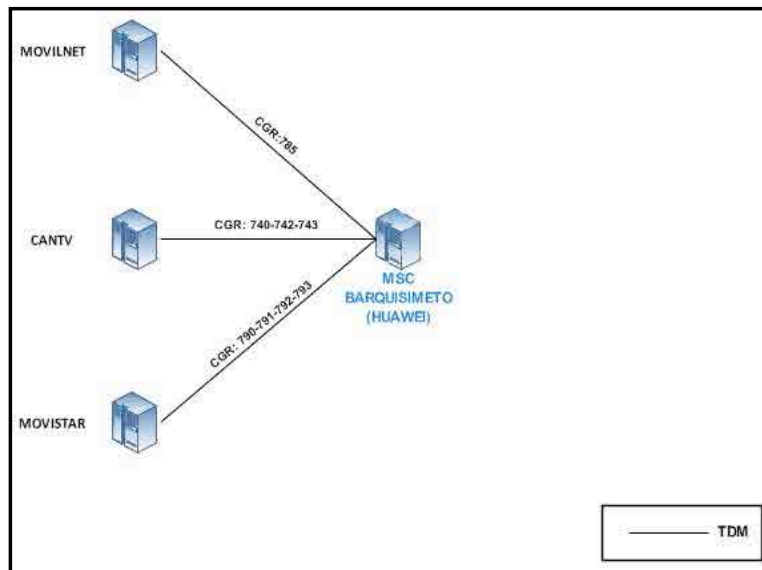


OPERADORA	SWITCH	CGR	N# E1	% USED
CANTV	MBO01	760	2	73,8
CANTV	MBO01	761	7	57,9
CANTV	MBO01	762	3	80,1
CANTV	MBO01	763	14	45,7
MOVILNET	MBO01	775	2	68,8
MOVILNET	MBO01	776	2	63,3
MOVILNET	MBO01	777	22	37,3
MOVILNET	MBO01	779	20	74,2
MOVISTAR	MBO01	790	2	52,9
MOVISTAR	MBO01	791	26	68,2
MOVISTAR	MBO01	794	3	54,7
MOVISTAR	MBO01	795	7	75,0
INTER	MBO01	788	1	66,4
INTER	MBO01	789	1	44,5

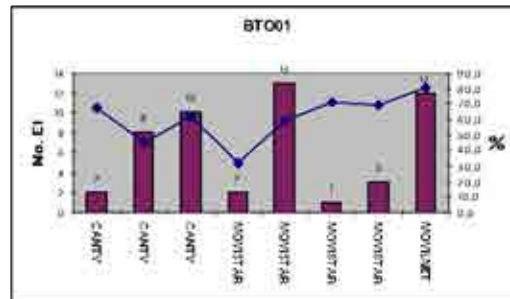


Anexo VII. Porcentaje de uso del POI MBO01

POI BTO01

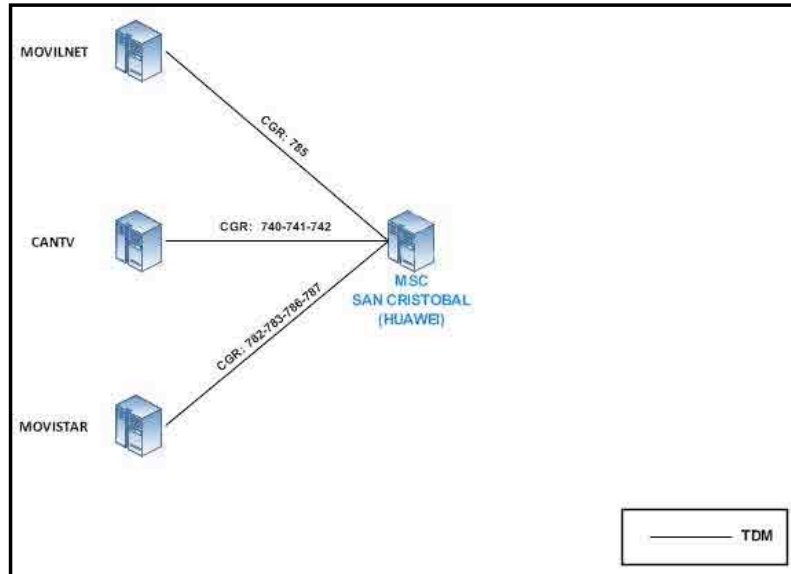


OPERADORA	SWITCH	CGR	N# E1	% USED
CANTV	BTO01	740	2	67,1
CANTV	BTO01	742	8	45,4
CANTV	BTO01	743	10	62,2
MOVISTAR	BTO01	790	2	32,3
MOVISTAR	BTO01	791	13	59,5
MOVISTAR	BTO01	792	1	71,7
MOVISTAR	BTO01	793	3	69,8
MOVILNET	BTO01	785	12	80,4

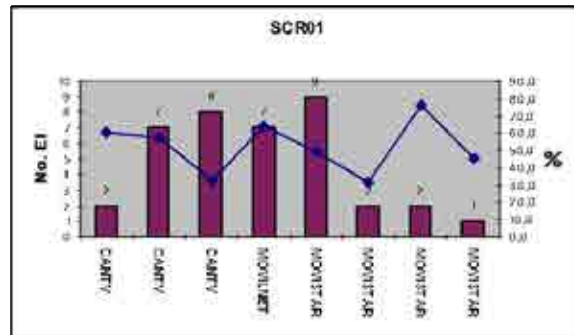


Anexo VII. Porcentaje de uso del POI BTO01

POI SCR01



OPERADORA	SWITCH	CGR	N# E1	% USED
CANTV	SCR01	740	2	60,0
CANTV	SCR01	741	7	57,7
CANTV	SCR01	742	8	32,6
MOVILNET	SCR01	785	7	63,6
MOVISTAR	SCR01	782	9	49,4
MOVISTAR	SCR01	783	2	31,5
MOVISTAR	SCR01	786	2	76,2
MOVISTAR	SCR01	787	1	45,8



Anexo VII. Porcentaje de uso del POI SCR01

ANEXO VIII

MSC CCS02

MSC CCS02		Max Capacity MSC Traffic(Erl)			16700
		Max Capacity MSC Busy Hour			1200000
DESCRIPCION		Circuit Number	N# E1	Cap. GOS=1%	Peak
(MSC CCS02) - (MSC CCS03)		605	7	192,35	18,35
(MSC CCS02) - (MSC CCS03)		630	136	4094	80,79
(MSC CCS02) - (MSC CCS03)		631	4	104,86	79,94
(MSC CCS02) - (MSC CCS03)		632	5	136,35	0
(MSC CCS02) - (MSC CCS04)		640	90	2672,5	79,92
(MSC CCS02) - (MSC CCS04)		641	4	106,76	50,25
(MSC CCS02) - (MGW VAL01)		810	20	587,002	42,63
(MSC CCS02) - (MGW VAL01)		811	1	21,191	2,35
(MSC CCS02) - (MSC VAL03)		820	24	699,238	60,7
(MSC CCS02) - (MSC VAL03)		821	2	47,861	34,68
(MSC CCS02) - (MSC VAL02)		830	18	500,757	98,64
(MSC CCS02) - (MSC VAL02)		831	1	21,191	16,98
(MSC CCS02) - (MSC PLC01)		1704	20	558,235	73,92
(MSC CCS02) - (MSC PLC01)		1705	2	48,774	69,13
(MSC CCS02) - (MSC MBO01)		1727	21	587,995	48,88
(MSC CCS02) - (MSC MBO01)		1728	2	47,861	14,1

Anexo VIII. Porcentaje de utilización del MSC02

MSC CCS03

MSC CCS03		Max Capacity MSC Traffic(Erl)			16700
		Max Capacity MSC Busy Hour			1200000
DESCRIPCION		Circuit Number	N# E1	Cap. GOS=1%	Peak
(MSC CCS03) - (MSC CCS02)		620	136	4094	81,06
(MSC CCS03) - (MSC CCS02)		621	4	104,86	98,12
(MSC CCS03) - (MSC CCS02)		622	5	136,35	0
(MSC CCS03) - (MSC CCS04)		640	64	1894,2	64,61
(MSC CCS03) - (MSC CCS04)		641	1	21,191	76,21
(MSC CCS03) - (MSC VAL03)		820	23	650,554	60,49
(MSC CCS03) - (MSC VAL03)		821	1	19,487	41,05

Anexo VIII. Porcentaje de utilización del MSC03

MSC VAL03

MSC VAL03		Max Capacity MSC Traffic(Erl)			16700
		Max Capacity MSC Busy Hour			1200000
DESCRIPCION		Circuit Number	N# E1	Cap. GOS=1%	Peak
(MSC VAL03) - (MSC CCS02)		302	2	47,861	34,68
(MSC VAL03) - (MSC CCS02)		303	24	694,268	60,8
(MSC VAL03) - (MSC CCS03)		630	23	650,554	61,12
(MSC VAL03) - (MSC CCS03)		631	1	19,487	42,07
(MSC VAL03) - (MSC PLC01)		1704	16	456,216	60,23
(MSC VAL03) - (MSC PLC01)		1705	1	29,888	35,96
(MSC VAL03) - (MSCMBO01)		1727	63	1853	50,02
(MSC VAL03) - (MSCMBO01)		1728	2	47,861	19,22

Anexo VIII. Porcentaje de utilización del VAL03

MSC PLC01

MSC PLC01		Max Capacity MSC Traffic(Erl)			16700
		Max Capacity MSC Busy Hour			450000
DESCRIPCION		Circuit Number	N# E1	Cap. GOS=1%	Peak
(MSC PLC01) - (MSC CCS03)		735	15	434,48	67,84
(MSC PLC01) - (MSC CCS03)		736	1	18,64	26,82
(MSC PLC01) - (MSC CCS02)		1702	20	558,235	72,8
(MSC PLC01) - (MSC CCS02)		1703	2	48,774	70,54
(MSC PLC01) - (MSC VAL03)		1706	16	456,216	59,47
(MSC PLC01) - (MSC VAL03)		1707	1	29,888	34,12
(MSC PLC01) - (MSC MBO01)		1727	7	194,25	53,71
(MSC PLC01) - (MSC MBO01)		1728	1	21,191	58,04

Anexo VIII. Porcentaje de utilización del PLC01

MSC BTO01

MSC BTO01		Max Capacity MSC Traffic(Erl)			16700
		Max Capacity MSC Busy Hour			600000
DESCRIPCION		Circuit Number	N# E1	Cap. GOS=1%	Peak
(MSC BTO01) - (MSC CCS03)		400	17	483,91	55,17
(MSC BTO01) - (MSC VAL01)		460	24	692,28	55,75

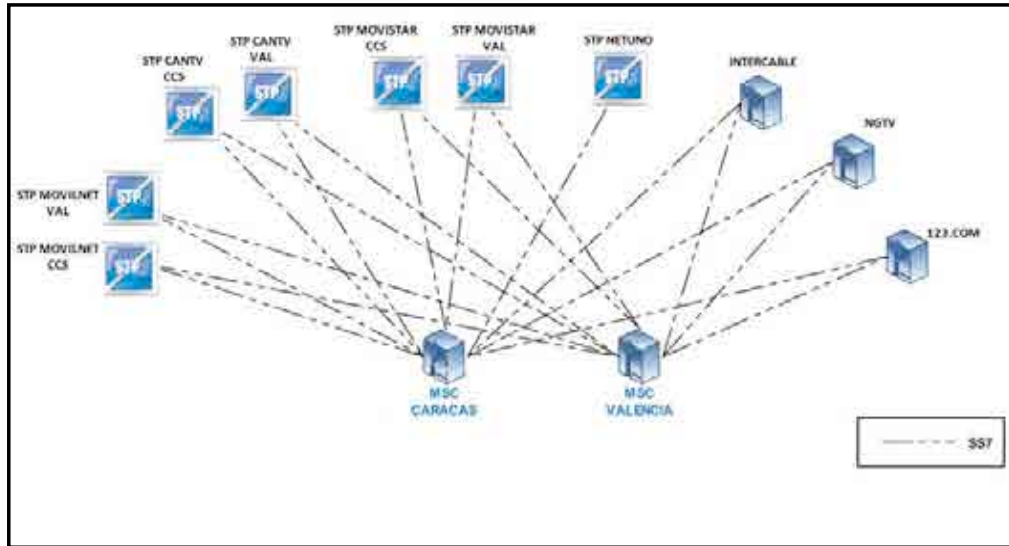
Anexo VIII. Porcentaje de utilización del BTO01

MSC MBO01

MSC MBO01		Max Capacity MSC Traffic(Erl)			16700
		Max Capacity MSC Busy Hour			800000
DESCRIPCION		Circuit Number	N# E1	Cap. GOS=1%	Peak
(MSC MBO01) - (MSC VAL03)		821	2	47,861	9,78
(MSC MBO01) - (MSC CCS02)		621	2	47,861	6,12
(MSC MBO01) - (MSC VAL03)		820	61	1853	31,2
(MSC MBO01) - (MSC PLC01)		1705	1	21,191	14,58
(MSC MBO01) - (MSC PLC01)		1704	7	194,25	31,56
(MSC MBO01) - (MSC CCS02)		620	20	587,995	29,39

Anexo VIII. Porcentaje de utilización del MBO01

ANEXO IX



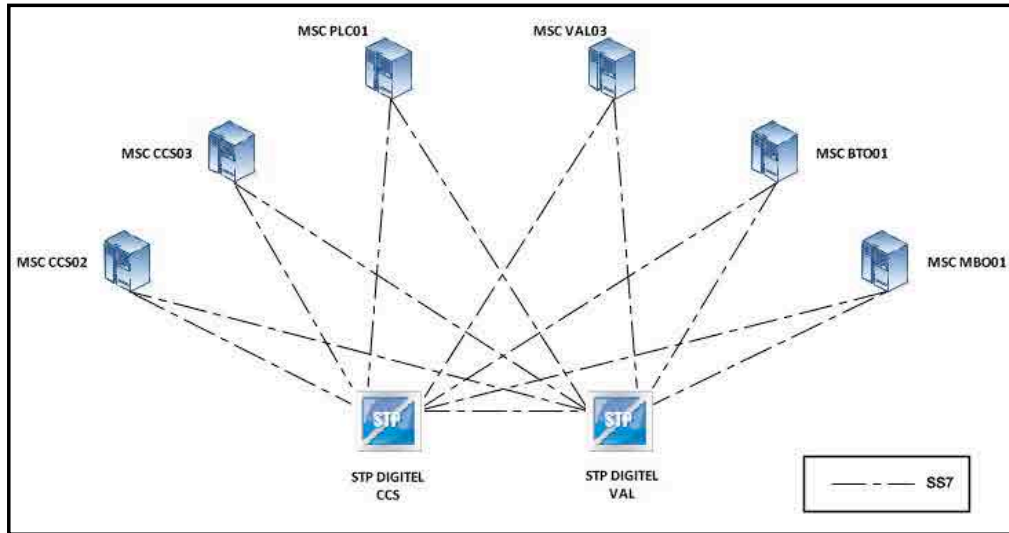
Anexo XI. Diagrama de Interconexión SS7 con otras operadoras

SS7 LINKS TRAFFIC	MSC	Operadora	Link Number	Tx o Rx	Peak
INCAB	CCS02	INTER	554	RxLoad(%)	2,59
STPMC	CCS02	Movilnet	562	RxLoad(%)	75,23
STPMV	CCS02	Movilnet	564	RxLoad(%)	89,95
STPMC	CCS02	Movilnet	565	RxLoad(%)	107,55
STPMV	CCS02	Movilnet	567	RxLoad(%)	99,32
STPTC	CCS02	Movistar	568	RxLoad(%)	91,58
STPTC	CCS02	Movistar	569	RxLoad(%)	91,02
STPTV	CCS02	Movistar	570	RxLoad(%)	80,02
STPTV	CCS02	Movistar	571	RxLoad(%)	86,48
STPCC	CCS02	CANTV	610	RxLoad(%)	34,82
STPCC	CCS02	CANTV	611	RxLoad(%)	20,56
STPCV	CCS02	CANTV	612	RxLoad(%)	12,78
STPCV	CCS02	CANTV	613	RxLoad(%)	28,74
INCAB	CCS02	INTER	554	TxLoad(%)	2,22
STPMC	CCS02	Movilnet	558	TxLoad(%)	47,38
STPMC	CCS02	Movilnet	559	TxLoad(%)	38,28
STPMC	CCS02	Movilnet	562	TxLoad(%)	101,12
STPMV	CCS02	Movilnet	564	TxLoad(%)	95,32
STPMC	CCS02	Movilnet	565	TxLoad(%)	98,72
STPMV	CCS02	Movilnet	567	TxLoad(%)	96,15
STPTC	CCS02	Movistar	568	TxLoad(%)	90,63
STPTC	CCS02	Movistar	569	TxLoad(%)	93,11

STPTV	CCS02	Movistar	570	TxLoad(%)	93,45
STPTV	CCS02	Movistar	571	TxLoad(%)	88,39
STPCC	CCS02	CANTV	610	TxLoad(%)	88,62
STPCC	CCS02	CANTV	611	TxLoad(%)	92,05
STPCV	CCS02	CANTV	612	TxLoad(%)	48,32
STPCV	CCS02	CANTV	613	TxLoad(%)	43,89
STPMC	CCS02	Movilnet	558	RxLoad(%)	42,21
STPMC	CCS02	Movilnet	559	RxLoad(%)	31,78
STPN1	CCS03	NetUno	554	RxLoad(%)	2,27
STPN1	CCS03	NetUno	555	RxLoad(%)	0,57
STPN1	CCS03	NetUno	554	TxLoad(%)	1,02
STPN1	CCS03	NetUno	555	TxLoad(%)	0,88
INCAB	VAL03	INTER	554	RxLoad(%)	119,26
STPMC	VAL03	Movilnet	562	RxLoad(%)	83,14
STPMC	VAL03	Movilnet	563	RxLoad(%)	119,71
STPMV	VAL03	Movilnet	564	RxLoad(%)	135,4
STPMV	VAL03	Movilnet	565	RxLoad(%)	87,16
STPTC	VAL03	Movistar	568	RxLoad(%)	94,09
STPTC	VAL03	Movistar	569	RxLoad(%)	94,41
STPTV	VAL03	Movistar	570	RxLoad(%)	93,04
STPTV	VAL03	Movistar	571	RxLoad(%)	108,44
STPCV	VAL03	CANTV	572	RxLoad(%)	94,83
STPCV	VAL03	CANTV	573	RxLoad(%)	74,63
STPCC	VAL03	CANTV	574	RxLoad(%)	56,24
STPCC	VAL03	CANTV	575	RxLoad(%)	39,66
INCAB	VAL03	INTER	554	TxLoad(%)	3,16
STPMV	VAL03	Movilnet	560	RxLoad(%)	32,33
STPMV	VAL03	Movilnet	561	RxLoad(%)	31,58
STPMC	VAL03	Movilnet	562	TxLoad(%)	83,74
STPMC	VAL03	Movilnet	563	TxLoad(%)	87,37
STPMV	VAL03	Movilnet	564	TxLoad(%)	107,35
STPMV	VAL03	Movilnet	565	TxLoad(%)	106,37
STPTC	VAL03	Movistar	568	TxLoad(%)	89,15
STPTC	VAL03	Movistar	569	TxLoad(%)	91,89
STPTV	VAL03	Movistar	570	TxLoad(%)	92,07
STPTV	VAL03	Movistar	571	TxLoad(%)	96,05
STPCV	VAL03	CANTV	572	TxLoad(%)	39,6
STPCV	VAL03	CANTV	573	TxLoad(%)	40,8
STPCC	VAL03	CANTV	574	TxLoad(%)	33,56
STPCC	VAL03	CANTV	575	TxLoad(%)	30,36
STPMV	VAL03	Movilnet	560	TxLoad(%)	42,35
STPMV	VAL03	Movilnet	561	TxLoad(%)	43,74

Anexo XI. Porcentaje de utilización de la Interconexión SS7

ANEXO X



Anexo X. Diagrama de Interconexión de la red SS7 de Digitel

SS7 LINKS TRAFFIC	MSC	Link Number	Tx o Rx	Peak
STPC1	CCS02	320	TxLoad(%)	30.3
STPC1	CCS02	321	TxLoad(%)	31.06
STPC1	CCS02	322	TxLoad(%)	30.67
STPC1	CCS02	323	TxLoad(%)	30.98
STPV1	CCS02	328	TxLoad(%)	30.61
STPV1	CCS02	329	TxLoad(%)	31.1
STPV1	CCS02	330	TxLoad(%)	30.48
STPV1	CCS02	331	TxLoad(%)	31.09
STPC1	CCS02	320	RxLoad(%)	36.81
STPC1	CCS02	321	RxLoad(%)	37.03
STPC1	CCS02	322	RxLoad(%)	36.92
STPC1	CCS02	323	RxLoad(%)	36.86
STPV1	CCS02	328	RxLoad(%)	35.39
STPV1	CCS02	329	RxLoad(%)	35.3
STPV1	CCS02	330	RxLoad(%)	35.46
STPV1	CCS02	331	RxLoad(%)	35.23
STPC1	CCS03	320	TxLoad(%)	30.76
STPC1	CCS03	321	TxLoad(%)	25.9
STPC1	CCS03	322	TxLoad(%)	25.9
STPC1	CCS03	323	TxLoad(%)	23.38
STPV1	CCS03	328	TxLoad(%)	25.96
STPV1	CCS03	329	TxLoad(%)	25.88
STPC1	CCS03	320	RxLoad(%)	29.32
STPC1	CCS03	321	RxLoad(%)	29.38
STPC1	CCS03	322	RxLoad(%)	29.44

STPC1	CCS03	323	RxLoad(%)	29.41
STPV1	CCS03	328	RxLoad(%)	28.9
STPV1	CCS03	329	RxLoad(%)	28.86
STPC1	PLC01	320	TxLoad(%)	21.49
STPC1	PLC01	321	TxLoad(%)	21.41
STPV1	PLC01	328	TxLoad(%)	21.5
STPC1	PLC01	320	RxLoad(%)	24.56
STPC1	PLC01	321	RxLoad(%)	24.68
STPV1	PLC01	328	RxLoad(%)	24.04
STPC1	VAL03	320	TxLoad(%)	20.28
STPC1	VAL03	321	TxLoad(%)	20
STPC1	VAL03	322	TxLoad(%)	20.38
STPC1	VAL03	323	TxLoad(%)	20.21
STPV1	VAL03	328	TxLoad(%)	20.6
STPV1	VAL03	329	TxLoad(%)	20.17
STPV1	VAL03	330	TxLoad(%)	20.29
STPV1	VAL03	331	TxLoad(%)	19.97
STPC1	VAL03	320	RxLoad(%)	22.88
STPC1	VAL03	321	RxLoad(%)	22.84
STPC1	VAL03	322	RxLoad(%)	22.88
STPC1	VAL03	323	RxLoad(%)	22.9
STPV1	VAL03	328	RxLoad(%)	23.22
STPV1	VAL03	329	RxLoad(%)	23.29
STPV1	VAL03	330	RxLoad(%)	23.28
STPV1	VAL03	331	RxLoad(%)	23.39
STPC1	01	---	TxLoad(%)	52.15
STPC1	BTO01	---	TxLoad(%)	53.15
STPV1	BTO01	---	TxLoad(%)	52.15
STPV1	BTO01	---	TxLoad(%)	53.10
STPC1	BTO01	---	RxLoad(%)	58.00
STPC1	BTO01	---	RxLoad(%)	58.30
STPV1	BTO01	---	RxLoad(%)	58.00
STPV1	BTO01	---	RxLoad(%)	57.85
STPC1	MBO01	---	TxLoad(%)	73.40
STPC1	MBO01	---	TxLoad(%)	73.60
STPV1	MBO01	---	TxLoad(%)	73.15
STPV1	MBO01	---	TxLoad(%)	73.10
STPC1	MBO01	---	RxLoad(%)	72.65
STPC1	MBO01	---	RxLoad(%)	72.85
STPV1	MBO01	---	RxLoad(%)	70.75
STPV1	MBO01	---	RxLoad(%)	70.45

Anexo X. Porcentaje de utilización de la red SS7 de Digitel

ANEXO XI

ANEXO XI

	Unidad	Monto
Ingreso mensual interconexion	BsF..	23.362.980
Costo mensual interconexion	BsF..	20.566.785
Ingreso mensual neto interconexion	BsF..	2.796.195
Ingreso anual neto de interconexion	BsF../año	33.554.340
Tipo cambio	BFs./US\$	4,30
Tasa de descuento	%	40%
Numero periodos	años	5

Escenario A

Costo unitario de equipos	US\$	200.000
Total equipos	Unidades	18
Costo total equipos	US\$	3.600.000
Costo total equipos	BsF..	15.480.000

Costo Instalacion por enlace	BsF..	20.000
Cantidad de enlaces	Unidades	18
Costo total instalacion de equipos	BsF..	360.000

Costo mantenimiento	BsF../año	72.000
---------------------	-----------	--------

Depreciacion:

Periodo	años	5
gasto depreciacion	BsF./año	3.096.000

	Unidad	Monto
Ingresos primer año	BsF./año	33.554.340
Numero de usuarios	cantidad	5.612.975
Ingreso promedio anual por usuario	BsF./año	5,98
Tasa de crecimiento anual de usuarios	%/anual	7%
Inflación	%/anual	25%

		2011	2012	2013	2014	2015
Numero usuarios por año	cantidad	5.612.975	6.005.883	6.426.295	6.876.136	7.357.465
Ingreso promedio anual por usuario	BsF./año	5,98	7,47	9,34	11,68	14,59
Ingreso total anual por interconexion	BsF./año	33.554.340	44.878.930	60.025.569	80.284.198	107.380.115

		2011	2012	2013	2014	2015
Ingresos	BsF./año	33.554.340	44.878.930	60.025.569	80.284.198	107.380.115

Gastos:		2011	2012	2013	2014	2015
Equipos	BsF.	15.480.000				
Instalacion	BsF.	360.000				
Mantenimiento	BsF.	72.000	90.000	112.500	140.625	175.781
Depreciacion	BsF.	-	-	-	-	-
Total Gastos	BsF.	15.912.000	90.000	112.500	140.625	175.781

FDC Neto	BsF./año	17.642.340	44.788.930	59.913.069	80.143.573	107.204.333
VPN opcion A	BsF.	98.082.381				
VPN opcion A	US\$	22.809.856				

Análisis Económico Escenario A.

ANEXO XI

	Unidad	Monto
Ingreso mensual interconexion	BsF..	23.362.980
Costo mensual interconexion	BsF..	20.566.785
Ingreso mensual neto interconexion	BsF..	2.796.195
Ingreso anual neto de interconexion	BsF./año	33.554.340
Tipo cambio	BFs./US\$	4,30
Tasa de descuento	%	40%
Numero periodos	años	5

Escenario B

Costo equipos unitario de equipos	US\$	35.000
Total equipos	Unidades	6
Costo total equipos	US\$	210.000
Costo total equipos	BsF.	903.000

Costo Instalacion por par	BsF.	20.000
Numero de equipos	Unidades	6
Costo total instalacion de equipos	BsF.	120.000

Costo mantenimiento	BsF./año	72.000
---------------------	----------	--------

Alquiler carrier de internet	BsF./mensuales	1.116.000
Alquiler carrier de internet	BsF./año	13.392.000

Depreciacion:

Periodo	años	5
gasto depreciacion	BsF/año	180.600

	Unidad	Monto
Ingresos primer año	BsF./año	33.554.340
Numero de usuarios	cantidad	5.612.975
Ingreso promedio anual por usuario	BsF./año	5,98
Tasa de crecimiento anual de usuarios	%/anual	7%
Inflación	%/anual	25%

		2011	2012	2013	2014	2015
Numero usuarios por año	cantidad	5.612.975	6.005.883	6.426.295	6.876.136	7.357.465
Ingreso promedio anual por usuario	BsF./año	5,98	7,47	9,34	11,68	14,59
Ingreso total anual por interconexion	BsF./año	33.554.340	44.878.930	60.025.569	80.284.198	107.380.115

Flujo de caja		2011	2012	2013	2014	2015
Ingresos	BsF./año	33.554.340	44.878.930	60.025.569	80.284.198	107.380.115

Gastos:

Equipos	BsF.	903.000				
Instalacion	BsF.	120.000				
Mantenimiento	BsF.	72.000	90.000	112.500	140.625	175.781
Proveedor de internet	BsF.	13.392.000	16.740.000	20.925.000	26.156.250	32.695.313
Depreciacion	BsF.	-	-	-	-	-
Total Gastos	BsF.	14.487.000	16.830.000	21.037.500	26.296.875	32.871.094

FDC Neto	BsF./año	19.067.340	28.048.930	38.988.069	53.987.323	74.509.021
VPN opcion B	BsF.	70.045.822				
VPN opcion B	US\$	16.289.726				

Análisis Económico Escenario B.

ANEXO XII



EVOLUTION SERIES METRO Multi Service Radio Link System 5 - 40 GHz

The new Nera Evolution Series METRO is a multi service microwave radio system. The Nera Evolution Series is a common platform radio system for a wide range of applications. A highly scalable and modular system architecture, combined with state of the art technology such as an all digital modem with multi rate, multi dimensional modulation schemes, dual error correction and an embedded ADM/OXC, all in a compact scalable solution.

EVOLUTION SERIES METRO Multi-Service Radio Link System 5 – 40 GHz

INTERFACE UNIT

The Interface Unit (IFU) contains baseband functions and plug-in interface module(s) for capacities from 20 to 300 Mb/s. The baseband part includes SDH/SONET overhead processing and the optional embedded Add/Drop Multiplexer / X-Connect function. A wide range of user interfaces such as, n x E1/DSS, 3 x E3/DSS, STM-MOC-3 and Fast Ethernet/Gigabit Ethernet are available for the plug-in interface slots. The IFU is TRU high and handles both 1+0 and 1+1 configurations.

FEATURES

For larger systems several IFUs can be stacked together, creating a multi-direction traffic node. The software defined all-digital modem is multi-rate, multi-modulation with dual Forward Error Correction. The user simply selects the frequency channel plan and the software selects the appropriate modulation scheme and the modem settings. This way the same IFU unit can be used in all configurations and all applications, minimising the need for spare parts and simplifying the logistics for the user. The element management function is embedded in the IFU, the user simply uses a standard WEB browser, eliminating the problems with different PC platforms and need for correct ICT version.

The demodulator contains an optional XPC function enabling multichannel system with frequency re-use, i.e. the same RF channel is used for both antenna polarisations (V/H).

OUTDOOR UNIT

The radio units (ODUs) is frequency and capacity agile. The tuning range is very wide and most frequency bands can be covered by four variants for the whole band. The frequency setting is easy and is performed locally or remotely through the web-interface. The ODU can be mounted integrated with the antenna, both in unprotected and protected configurations. The ODU can also be mounted on the antenna pole, using a short flexible waveguide to the antenna.

An Automatic Transmit Power Control (ATPC) is implemented to ensure reduced interference in dense networks. During normal condition the output level is reduced down to a user defined level and continuously regulated from the receive side as a result of the various transmission conditions. The RF transmit level can also be manually set to a fixed level (no ATPC) or to a maximum level (ATPC with reduced max power) within the regulation range.



Interface Unit



Outdoor Unit with Ø30 cm Ø fl. antenna

TECHNICAL SPECIFICATION

FREQUENCY BAND [GHz]	4.4 - 5.0	5.9 - 6.4	6.4 - 7.2	7.1 - 7.9	7.7 - 8.5	10.1 - 10.7	10.7 - 11.7
MODULATION [TCM]	64/128	128	64/128	128	128	128	64/128
RF CHANNEL SPACING [MHz]	40/28	20/35	40/30	28/30	28/29.65	28	40/30
TRANSMITTED POWER [dBm] (C)	25	25	25	24	21	22	22
RECEIVER THRESHOLD [dBm] (C) BER 10 ⁻⁶	-71	-71	-73.5(-71)	-71	-71	-70.5	-73/-70.5
FREQUENCY BAND [GHz]	11.7 - 13.3	14.4 - 15.35	17.7 - 19.7	21.2 - 23.6	24.25 - 26.5	31.8 - 33.4	37.0 - 40.0
MODULATION [TCM]	128	128	32/64/128	32/128	32/128	32/128	32/128
RF CHANNEL SPACING [MHz]	28	28	30/35/45/27.5	56/30/28	56/28	56/28	56/28
TRANSMITTED POWER [dBm] (C)	20	20	18/19/17	18/17	17.5/16.5	17/16	16.5/15.5
RECEIVER THRESHOLD [dBm] (C) BER 10 ⁻⁶	-70	-70	-74/-73.5/-69	-74/-69	-73.5/-68.5	-72.5/-67	-72/-66.5
ATPC RANGE: 20 dB	LINE INTERFACE UNITS			TRIBUTARY INTERFACE UNIT (requires DDC unit)			
POWER SUPPLY	STM-1 electrical 75 ohm C.703 (E)M4297 1.0/2.3 mm			25 x 2.0mm/120 ohm/E-type multi-conductor (3-3 units)			
4E (30 to 57) VDC	STM-1 optical S-11 C.957A.C connector			16 x 1.5 mm/100 ohm/RJ-45			
POWER CONSUMPTION (±0)	STM-1 optical L-12 C.957A.C connector			3 x 34 or 3 x 45/75 ohm/E/M4297 1.0/2.3 mm			
5 - 11 LRIC: average 50 W	OC-3 optical SR-0 multichannel ATC connector			4 x 30/100BaseT-RJ45 connector / 1 x 1000BaseT (SFP)			
13 - 18 LRIC: average 37 W	AUXILIARY TRAFFIC UNIT			MANAGEMENT			
TEMPERATURE RANGE	1.5/2 Mbit/s waveguide 100/120 ohm/RJ-45			NMS port: 100Base-TX (IEEE 802.3) RJ-45			
EN: 15°C to +50°C	4 x 64 kbit/s C.703 - S100RJ-45			WEB based element manager			
ODU: -33°C to +50°C	EDW, selective call, two digit			Serial port / RS-232 (DB9)/USB			
MECHANICAL	IDU (w x d x h)		ODU (w x d x h)		RACK TYPE		WEIGHTS
	1x11 444 x 250 x 44 (mm)		1x10 206 x 125 x 220 (mm)		18" or 600 mm E19		IDU: 4 kg (9 lb)
	1x11 444 x 250 x 44 (mm)		1x11 206 x 155 x 470 (mm)				ODU: 9 kg (20 lb)

© 2011 Nera Networks AS. All rights reserved.

Nera Networks AS
P.O. Box 7090
5020 Bergen, Norway

Tel: +47 55 22 51 00
Fax: +47 55 22 52 99

Internet: www.neraworld.com
E-mail: webmaster@nera.no

Figura tomada de <http://www.neraworld.com/en/products/Evolution-Series/Metro/>. Consultado el 22/01/12.

ANEXO XIII

Parámetros Técnicos de Servicio

Item	Networking mode	Index
Usuarios	(IP/TDM)	E1: 150,000 (single frame), up to 1,800,000 T1: 110,000 (single frame), up to 1,800,000 STM-1: 210,000 (single frame), up to 1,800,000 T3: 110,000 (single frame), up to 1,800,000
Volumen de Trafico		45 kErlang
BHCA		2700 k

BHCA = Busy Hour Call Attempt

Especificaciones Mecánicas

Item	Descripción
Dimensiones Gabinete	Alto: 220 cm. [87 in.] Ancho: 60 cm. (12U) [24 in.] Profundidad: 80 cm. [32 in.]
Dimensiones Frame	Alto: 53,34 cm. (12U) [21 in.] Ancho: 48,26 cm. [19 in.] Profundidad: 50 cm. [19 11/16 in.]
Peso Gabinete	Gabinete sin Frames: 95 kg. [209 lb] Gabinete con 3 frames: 370 kg. [815 lb]
Peso Frame	Frame Sin Tarjetas: 17.5 Kg. [38.6 lb] Frame con Tarjetas: 60 Kg. [132.3 lb]
Potencia Frame	1100 Watts

Especificaciones de las interfaces

Tipo	Cantidad	Descripción
E1/T1 (PDH)	Up to 7168	Las interfaces son usadas para conectar con elementos TDM como la PSTN, base station controller (BSC), mobile switching center (MSC) y otro UMG8900.
STM-1 (SDH)	Up to 112 pairs	Las interfaces son usadas para conectar con elementos TDM como la PSTN, base station controller (BSC), mobile switching center (MSC) y otro UMG8900.
FE (control)	Up to 15 pairs	Las interfaces son usadas para conectar con el media gateway controller (MGC) y a través de esta interfaz se intercambian los mensajes H.248
FE (SIGTRAN)	Up to 15 pairs	Las interfaces son usadas para conectar con el MGC. Son empleadas para la función de adaptación de señalización basado en Signaling Transport (SIGTRAN).
FE (OMC)	2	Las interfaces trabajan en redundancia 1+1 y son usadas para conectar el local maintenance terminal (LMT) y el gestor centralizado (M2000).
GE (Tráfico)	Up to 56 pairs	Las interfaces son utilizadas para conectar con elementos que tengan tráfico sobre IP (VoIP), como una BSC, RNC y otros UMG8900.

Parámetros Técnicos de Señalización

Item	Index
MTP2 links	64 kbit/s SSM-256: 16 links por tarjeta, hasta 896 links
	2 Mbit/s SSM-256: one link por tarjeta, hasta 56 links
MTP3 links	64 kbit/s SSM-256: 16 links por tarjeta, hasta 896 links
	2 Mbit/s SSM-256: one link por tarjeta, hasta 56 links

Capacidad de Conmutación

Item	Index
TDM switching	SSM-256: 256 K time slots simultáneos SSM-32: 32 K time slots simultáneos
Packet switching	SSM-256: 16 Gbit/s for a single frame, up to 128 Gbit/s SSM-32: 12 Gbit/s for a single frame, up to 36 Gbit/s