

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA RED DE  
TRANSPORTE PARA REDES DE TELEFONÍA MOVÍL**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**MARCO JULIO RODRIGUEZ ZORRILLA**

**PROMOCIÓN**

**2009 – II**

**LIMA – PERÚ**

**2014**

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA RED DE TRANSPORTE PARA  
REDES DE TELEFONÍA MOVÍL**

*A mis padres por todo su esfuerzo y dedicación realizados en mi formación*

*En memoria de mi abuela por todo el apoyo brindado*

*A mis hermanos por existir, por quienes busco ser un ejemplo a seguir*

*A mis amigos y profesores por todos sus consejos y amistad*

## SUMARIO

En el presente trabajo de informe de suficiencia se desarrolla el análisis necesario para el planteo de optimización de la red de transporte que poseen las redes de telefonía móvil, con el fin de lograr la convergencia del transporte de la información y a su vez optimizar la administración de los recursos de la red, logrando con esto mejorar los servicios existentes y ofrecer soporte a nuevos servicios. Además con el ingreso inminente al mercado de la red móvil LTE (4G), que propone la paquetización de los servicios en toda red, se espera ingentes demandas de tráfico de datos, tanto por nuevas aplicaciones entre terminales como por las altas tasas de conexión a Internet, que harán de la red de transporte todo un reto para los operadores de telefonía móvil. Por tanto en el trabajo se plantea contar con una red de transporte multiservicio, el cual se encuentra basada en una red IP/MPLS, que ofrecerá una administración eficaz y productiva, para los nuevos retos de demanda de garantía de QoS y ancho de banda. Por ende en el presente trabajo se realiza la descripción de las principales características de la tecnología MPLS.

A fin de comprender en qué consiste la red de transporte o *Backhaul*, en el presente trabajo se da a conocer las características del transporte de las redes móviles 2G, 3G y 4G. Así mismo se realiza también una breve descripción de todos los sistemas y subsistemas necesarios, incluyendo los sistemas de acceso, núcleo, que conforma cada una de estas redes móviles.



## INDICE

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE LA INGENIERIA DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1 Planteamiento del Problema .....	2
1.2 Objetivos del trabajo.....	4
1.3 Evaluación del problema .....	4
1.4 Limitaciones del trabajo .....	5
1.5 Síntesis del trabajo.....	5
<b>CAPITULO II</b>	
<b>REVISIÓN DEL TRANSPORTE DE REDES MÓVILES.....</b>	<b>7</b>
2.1 Redes Móviles de Segunda Generación (2G).....	7
2.1.1 Arquitectura.....	7
2.1.2 Red de Transporte .....	11
2.2 Redes Móviles de Tercera Generación (3G) .....	13
2.2.1 Arquitectura.....	13
2.2.2 Red de Transporte .....	17
2.3 Redes Móviles de Cuarta generación (4G).....	21
2.3.1 Arquitectura de una Red Móvil 4G .....	21
2.3.2 Red de Transporte de una Red Móvil 4G.....	25
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>29</b>
<b>DESCRIPCION DEL PROTOCOLO MPLS.....</b>	<b>29</b>
3.1. Introducción a la Tecnología MPLS.....	29
3.2. Definición de MPLS:.....	29
3.2.1. Aplicaciones de MPLS.....	30
3.3. Estructura y Operación de las Etiquetas MPLS.....	32
3.3.1 MPLS y el modelo OSI .....	32
3.3.2 Etiqueta MPLS .....	33
3.3.3. Pila de Etiquetas.....	35

3.3.4. Operaciones con etiquetas .....	35
3.3.5. Los Routers de una red MPLS .....	37
3.3.6 Tablas en una Red MPLS.....	38
3.4 Señalización de Etiquetas y Tipos de LSP .....	39
3.4.1 LSP.....	39
3.4.2 Señalización y Distribución de Etiquetas.....	40
3.4.3 LSPs Estáticos.....	40
3.4.4 LSPs Señalizados.....	41
3.5 Label Distribution Protocol - LDP .....	41
3.5.1 Categorías de Mensajes LDP .....	42
3.5.2 Identificador LDP.....	43
3.5.3 Descubrimiento de Vecinos LDP .....	44
3.5.4 Establecimiento de Sesión LDP .....	44
3.5.5 Intercambio de Etiquetas en LDP.....	46
3.5.6 Razones para la acción de remoción de etiquetas .....	47
3.5.7 Señalización LDP.....	47
3.5.8 ECMP para LDP .....	48
3.5.9 Targeted LDP Sessions (T-LDP) .....	49
3.6 Mejoras IGP Basadas en Restricciones .....	50
3.6.1 Enrutamiento de Protocolos IGP.....	50
A.3 Limitaciones.....	51
3.6.2 Enrutamiento Basada en Restricciones - CR.....	56
3.6.3 CR-LSP .....	57
3.6.4 Base de datos de ingeniería de Tráfico - TED.....	57
3.6.5 CSPF .....	58
3.7 RSVP & RSVP-TE .....	58
3.7.1 Tipos de mensajes RSVP .....	59
3.7.3 RSVP-TE.....	60
3.7.4 Estilos de Reservaciones de RSVP .....	62
3.7.5 Protección de LSPs de MPLS/RSVP-TE .....	64
3.8 Limitaciones de las Redes IP y ATM frente a las redes MPLS .....	67
3.8.1 Redes IP .....	67
3.8.2 Redes ATM.....	68
3.8.3 Beneficios de MPLS.....	69

## **CAPITULO IV**

<b>SERVICIOS VPN Y EQUIPAMIENTO.....</b>	<b>71</b>
4.1 Servicios de Redes Privadas Virtuales (VPN) de IP/MPLS.....	71
4.1.1 VPWS ( <i>Virtual Private Wire Service</i> ).....	72
4.1.2 VPLS ( <i>Virtual Private LAN Service</i> ).....	75
4.1.3 VPRN ( <i>Virtual Private Routed Network</i> ).....	77
4.2 Equipamiento.....	79
4.2.1 Equipamiento para la Red de Transporte Multiservicio.....	79
4.2.1 Router de Servicio.....	80
4.2.2 Router de Agregación de Servicio .....	82
<b>CAPITULO V</b>	
<b>PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE.....</b>	<b>85</b>
5.1 Premisas para la Optimización .....	85
5.2 Parámetros del Diseño de la Red Transporte.....	85
5.2.1 Topología de la red:.....	86
5.2.2 Protocolos.....	88
5.2.3 Servicios de Virtualización .....	89
5.3 Alcances para el transporte de tráfico 4G (LTE).....	91
5.4 Estimación de la Demanda de Tráfico y el Factor de Overbooking.....	93
5.4.1 Factor de Overbooking.....	93
5.4.2 Calculo de la Capacidad.....	94
5.5 Diagrama de la Red .....	95
5.6 Red Básica a Implementar .....	98
5.7 Ventajas y desventajas.....	98
5.7.1. Ventajas.....	98
5.7.2. Desventajas .....	99
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO A</b>	
<b>GLOSARIO DE TERMINOS .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO B</b>	
<b>CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS DE LA RED BASICA.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO C</b>	
<b>FICHAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS ALCATEL–LUCENT.....</b>	<b>114</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>	<b>126</b>

## INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivos principales el análisis del funcionamiento de las actuales redes de transporte con las cuales brindan servicios las operadoras de telefonía móvil, y a su vez el planteo del diseño de una red de transporte multiservicio para la optimización y convergencia del transporte de la información, basada en una red IP/MPLS con equipos que soporten la implementación de una red con estas características.

A pesar que los sistemas ATM e IP fueron la solución a muchos problemas que se presentaron en la transición de la evolución de las redes de telefonía móvil 2G (GSM/EDGE) a 3G (UMTS/HSDPA), en la actualidad sus características son insuficientemente óptimas como para poder brindar nuevos servicios y hacer frente a la gran demanda de tráfico datos, sobre todo la generada por las altas tasas de conexión a internet. Por aquello, las actuales redes de transporte, requieren cambiar el concepto tradicional de disponer o desplegar redes separadas para soportar los distintos tipos de comunicación. Las nuevas redes transporte multiservicios están basadas en troncales capaces de transportar cualquier tipo de servicio sobre una misma infraestructura, logrando así que sea posible la verdadera convergencia de los distintos tipos servicios que por separado han dominado hasta hoy las comunicaciones. Así mismo, con esta convergencia preparar el medio para el despliegue de la red móvil 4G (LTE).

Por tanto entre los alcances más importantes del presente proyecto, es el referido a optimizar las redes transporte tradicional con la tecnología MPLS, de tal modo que pueda ofrecer las características de multiservicio, ingeniería de tráfico y calidad de servicio, todo esto en una solución que integra el control del enrutamiento IP (capa 3) con la simplicidad de la conmutación (capa 2), permitiendo además con esto a los operadores de telefonía móvil, construir redes altamente confiables y escalables. Para todo aquello en el presente trabajo se darán a conocer las principales características de la tecnología MPLS con los servicios VPNs que puede brindar a las redes de transporte. De este modo, al final de esta descripción se puedan obtener las ventajas y desventajas.

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DE LA INGENIERIA DEL PROBLEMA

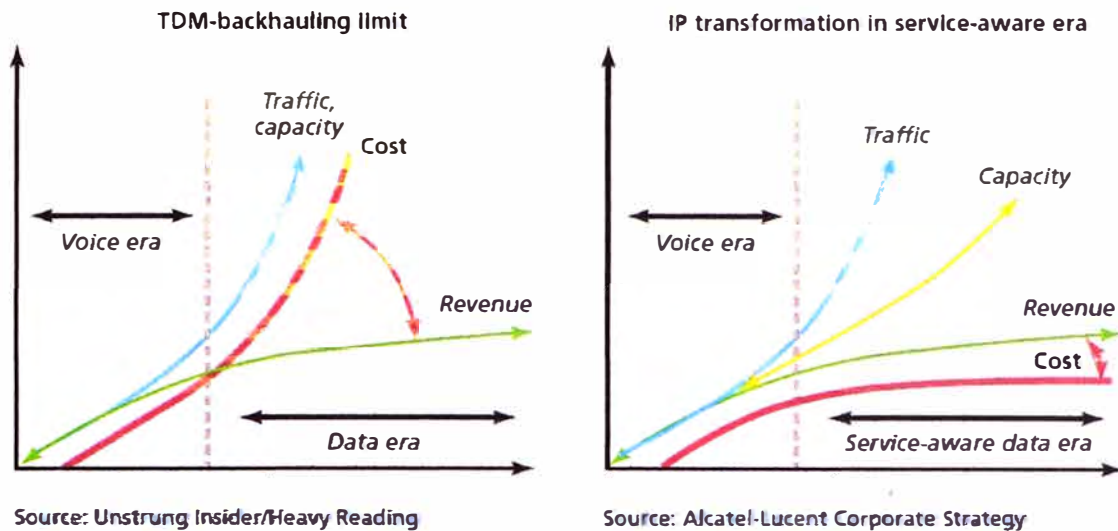
### 1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad las redes de transporte (*backhaul*) de las operadoras de telefonía móvil, tienen como objetivo principal concentrar el tráfico de información procedente de las redes de acceso (Estaciones Base) para transferirlo hacia los elementos que permiten la interconexión de red (Estaciones Controladoras). Tradicionalmente sus características y arquitectura dependen del tipo de información que se desea trasladar y de las características de las redes de acceso. Como es el caso de la red móvil 2G, donde gran parte del tráfico que genera es de voz, utilizando la tecnología TDM (*legacy*) para el transporte y su tratamiento mediante la técnica de conmutación por circuitos (*Circuit Switching* - CS). Pero, con la llegada de la red móvil de 3G se introdujo consigo la paquetización, que inicio el proceso de convergencia en las redes de transporte. No obstante, con las tecnologías ATM e IP propuestos para esta convergencia, no llegaron a alcanzar los resultados esperados ante una gran demanda del tráfico de datos y ante una inminente expansión de la red, debido en gran medida a su complejidad, alto costo y baja administración de los recursos. Por lo que se desarrollaron nuevas soluciones basadas en IP/Ethernet para la lograr esta convergencia.

Esta tendencia de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP, es conocida como el modelo de Todo IP (*All-IP*), que ha puesto de manifiesto las debilidades que tienen las redes de transportes *legacy* en cuanto a capacidad, flexibilidad, calidad de servicio, seguridad y fiabilidad. Para solucionar estos problemas han surgido en el mercado gran variedad de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados adecuadamente crean modelos híbridos de red que proporcionan a los clientes nuevos servicios. Estos modelos son también conocidos como las Redes de Nueva Generación o *Next Generation Network* (NGN).

Se debe también de tener en cuenta que el uso de los servicios de transporte tradicionales, somete al cliente a incurrir en costo adicional debido a los protocolos de transporte que se introducen. En la *Figura 1.1* se puede apreciar la evolución del tráfico de

voz y de datos:



**Figura 1.1** Evolución del tráfico de voz y de datos

En la *Figura 1.1* se puede apreciar que es fundamental, la consideración de costo/Mbps que puede involucrar realizar el cambio de una red de transporte tradicional a una red de transporte de nueva generación, pues como se puede observar, el margen de beneficio por Mbps se ha reducido considerablemente con la introducción de las nuevas tecnologías de banda ancha, así mismo, se logra generar capacidad de transporte para alta demanda de tráfico de datos que genera tecnologías como UMTS/HSDPA (3G), y que tendrá aún más importancia con el despliegue de la tecnología LTE (4G).

Para adaptarse a las características del tráfico transportado en la actualidad, las redes de transporte tradicionales tienen que evolucionar de manera drástica, puesto que el mercado cada vez demanda ingentes cantidades de tráfico de datos, en especial el generado por la conexión a internet. Entonces el gran desafío de la operadoras de la telefonía móvil es poder incorporar nuevas soluciones a sus redes de transporte, como las tecnologías basadas en paquetes, para lograr de esta manera la optimización de los recursos disponibles en la red agregando características que la conviertan en una red altamente confiable y escalable. Por tanto cualquier solución basada en paquetes debe cumplir o superar los puntos de referencia entregados por las redes tradicionales.

El presente trabajo busca optimizar la red transporte convencional con el fin de obtener servicios con garantía de la QoS y del ancho de banda, realizando para esto la migración de las antiguas redes de transporte a redes modernas con capacidad de ofrecer una variedad de soluciones orientadas a satisfacer las nuevas y crecientes demandas de tráfico de datos de los usuarios.

Con IP/MPLS a través de *Ethernet* como mecanismo de transporte principal, se propone optimizar la red transporte, para de tal manera ofrecer la misma calidad que en la antigua red, pero a un costo reducido y con un mayor valor agregado (Convergencia, QoS, Ancho de banda, etc). Este cambio gradual a un transporte IP simplificará el diseño de la red, reducirá los gastos de infraestructura y permitirá gestionar todas las tecnologías de acceso sobre una misma red troncal, puesto que del costo total de servicio para los operadores móviles, la red de transporte es con frecuencia el más costoso y el reto será superior cuando los operadores deban expandir su redes para brindar una mayor capacidad a precios muy similares a los actuales; como se prevé con el inminente despliegue de la red móvil 4G (LTE), que trae consigo muchos retos a cumplir. Por tanto, el operador tendrá entonces que ser muy sensible para minimizar no sólo el costo de capital sino también los costos totales del ciclo de vida de la red transporte.

## **1.2 Objetivos del trabajo**

A continuación se plantean los siguientes objetivos que se desea cumplir con el presente proyecto.

- Proponer una red de transporte multiservicios para optimizar las redes de telefonía móvil actuales (2G, 3G).
- Dar a conocer también las características principales de las redes de transporte de las redes de telefonía móvil actual (2G y 3G) y la red de telefonía móvil de cuarta generación LTE (4G).
- Analizar las características principales de la tecnología MPLS y su contribución en la optimización de la red transporte.

Establecer las ventajas y desventajas que proporciona la red de transporte multiservicio.

## **1.3 Evaluación del problema**

A fin poder optimizar y solucionar los problemas que se presentan ante un aumento de la demanda del tráfico de datos y ante un crecimiento de la red, se ve necesario realizar el presente trabajo; dado que con esta nueva red multiservicio, se busca la convergencia del transporte de la información, y por ende optimizar el servicio ofrecido y reducir los costos de inversión, gestión, y de O&M (operación y mantenimiento); que son en gran medida las mayores falencias que poseen las redes tradicionales de transporte masivo. Así mismo también, debido a que los actuales y nuevos servicios que puedan ofrecer los operadores de telefonía móvil, requieren de una utilización productiva y eficaz del medio de transporte.



#### 1.4 Limitaciones del trabajo

El presente proyecto está limitado, solo al análisis de la red de transporte (*Backhaul*) entre las estaciones base y las estaciones controladoras, sin embargo se dará a conocer las características principales de la red de Core. Así mismo dado que el proyecto tiene como fin, dar a conocer las ventajas que proporciona esta nueva red basada en MPLS en contraposición con las redes de transporte tradicionales, no se ahondará en el estudio detallado de la tecnología MPLS, no obstante se dará a conocer las principales características que posee.

Además, se realizara un diseño descriptivo de la nueva red multiservicio como solución para la optimización de la red transporte tradicional, por tanto no se llevara a cabo el diseño detallado de la red, debido a que esta depende fundamentalmente del tipo de dimensionamiento y necesidades que posee la red de cada operador. Así mismo no se ahondará en configuración del equipamiento debido a que esta dependerá de las características mencionadas de la red de cada operador. Sin embargo se darán a conocer la configuración básica para la red propuesta.

Por ultimo cabe mencionar que la propuesta de optimización está basada sobre las redes de transporte de las redes de telefonía móvil 2G y 3G, no obstante se darán alcances para una futura implementación de las red telefonía móvil 4G en el País.

#### 1.5 Síntesis del trabajo

En el presente proyecto se dará a conocer el tipo de red de transporte que poseen las redes de telefonía móvil, y que de que cierta manera resultan deficientes para poder realizar la prestación de nuevos servicios y despliegues de nuevas redes. Se propondrá el diseño de una red transporte con las características y servicios que ofrece la tecnología MPLS, para lograr convergencia, ingeniería de tráfico y calidad de servicio, sobre la misma infraestructura ya instalada.

Por tanto, el diseño de esta red será un aporte debido a las demandas de redes convergentes de bajo costo de implementación y de óptima administración de recursos, que no necesiten de un cambio total de infraestructura.

En el presente informe está compuesto por los siguientes capítulos:

**Capítulo I:** En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema, en cual se dan a conocer los objetivos y alcances de este.

**Capítulo II:** En el segundo capítulo se describe las características principales de la red de transporte de las redes de telefonía móvil 2G (GSM/EDGE) y 3G (UMTS/HSDPA), así



como la red transporte de la próxima red móvil de cuarta generación (LTE).

**Capítulo III:** En este capítulo se muestran las características principales de la tecnología de conmutación de etiquetas *Multiprotocol Label Switching* (MPLS), así como los elementos que componen la red, protocolos que se utilizan, sus ventajas y la comparación con las tecnologías de transporte actuales.

**Capítulo IV:** En este capítulo se da conocer los servicios que se pueden implementar en un red IP/MPLS. Además, en este capítulo se describen las características técnicas de los equipos Alcatel-Lucent.

**Capítulo V:** En este capítulo, se aplica todo lo descrito en los apartados anteriores, dado que se propone el diseño descriptivo de la red de transporte multiservicio.

**Conclusiones y Recomendaciones:** Se presentan las conclusiones y recomendaciones extraídas luego del desarrollo de la propuesta de optimización de la red de transporte multiservicio.

**Anexos:** En esta sección se presentan las hojas técnicas de los equipos descritos para implementar la propuesta de optimización de la red transporte multiservicio.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DEL TRANSPORTE DE REDES MÓVILES

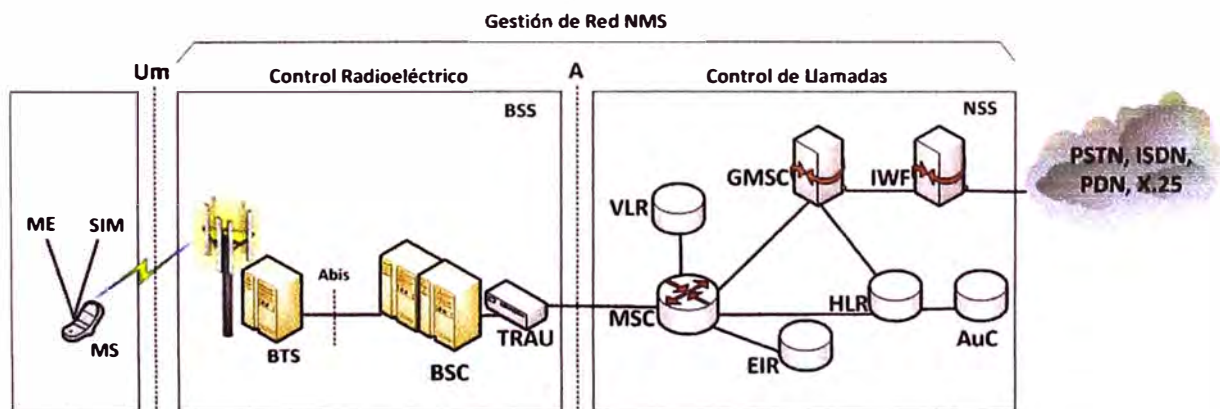
#### 2.1 Redes Móviles de Segunda Generación (2G)

##### 2.1.1 Arquitectura

Con el paso de la tecnología analógica a la digital resaltamos que en las redes móviles analógicas, la inteligencia era centralizada y generaba una carga excesiva en el sistema, disminuyendo así el rendimiento total de esta. Entonces GSM ofreció los medios para distribuir la inteligencia por toda la red, es decir la inteligencia descentralizada que se dividió en cuatro subsistemas diferenciados como:

- Subsistema de red (NSS) (Control de llamadas).
- Subsistema de estación base (BSS) (Control Radio Eléctrico).
- Subsistema de gestión de la red (NMS) (Operación y mantenimiento de la red, controla el operador).
- La estación móvil (MS).

Todo lo que necesita una red para establecer una llamada es el NSS, el BSS y la MS. Las interfaces abiertas se ubican entre la MS, la BSS (Um) y entre el BSS y el NSS (interfaz A). Estas interfaces abiertas implementan funciones y adaptan señalización de la RDSI. Cada fabricante implementa las interfaces siguiendo sus propios métodos.



**Figura 2.1.-** Red GSM básica y sus subsistemas

Esta red implementa los siguientes elementos la red:

##### a. MS

El MS (*Mobile Station* – Estación Móvil) contiene el equipo móvil (ME) y el módulo de identificación de servicio (SIM).

#### **b. BSS**

La BSS (*Base Station Subsystem* - Subsistema de Estación Base) es la que Realiza la asignación y liberación de recursos de radio para permitir la comunicación entre MSs. Una red de acceso GSM está compuesta por uno o varios BSSs. La BSS está compuesta por:

**-BTS** (*Base Transceiver Station* - Estación Base Transceptora): Es la estación base (conjunto de transmisores/receptores; antenas), responsable de la transmisión/recepción desde o hacia la estación móvil en una o más celdas GSM.

**-BSC** (*Base Station Controller* - Controlador de estaciones base): Es la entidad que controla a un BSS (Subsistema de Estación Base) y se encarga del manejo de los recursos de radio para todas las BTSs, reserva las frecuencias de radio; además, es responsable del proceso de handover de una estación móvil dentro de su BSS.

**-TRAU** (*Transcoder/Rate Adapter Unit* - la Unidad Transcodificadora): Adapta la señal de voz específica del interfaz radio GSM (13Kbps) al formato utilizado en la red fija (64Kbps).

#### **c. NSS**

La NSS (*Network and Switching Subsystem* – Subsistema de Red y Conmutación) Es la parte de GSM que incluye las funciones necesarias para conmutar llamadas y las bases de datos propias del sistema que permiten el establecimiento de las mismas. Está compuesta por:

**-MSC** (*Mobile Switching Center* - Central de Conmutación Móvil): Realiza todas las funciones de señalización y conmutación necesarias para el soporte de conmutación de circuitos (CS) desde y hacia los terminales móviles. Además, incorpora funciones para registro de posición y handover.

**-GMSC** – Compuerta de la Central de Conmutación Móvil (GMSC, Gateway MSC): En el caso de llamadas entrantes a una PLMN, la llamada es encaminada hacia un MSC, si la red fija no es capaz de interrogar a un HLR. Este MSC interroga el HLR apropiado y entonces encamina la llamada al MSC donde esté la MS. El MSC que realiza la función de encaminamiento hasta la ubicación de la MS se denomina GMSC, es decir es aquel que gestiona la movilidad de las comunicaciones y conexiones a otras redes.

**-IWF** - Función de Inter-funcionamiento (*IWF, Interworking Function*): La IWF es una entidad funcional asociada con el GMSC, y proporciona la funcionalidad necesaria para

permitir el inter-funcionamiento entre una PLMN y las redes fijas (ej.: ISDN, PSTN, PDN). Las funciones de la IWF dependen de los servicios y el tipo de red fija. La IWF se encarga de convertir los protocolos usados en la PLMN a los usados en la red fija utilizada.

**-VLR** (*Visitor Location Register – Registro de Localización de Visitante*): Contiene una base de datos con la cual es posible el control del *roaming* de las estaciones móviles a un área controlada por un MSC. Cuando una estación móvil ingresa a un área asociada a un MSC, este obtiene información acerca de dicha estación móvil del VLR. Cuando una estación móvil ingresa a una nueva área controlada por otro MSC, empieza un proceso de registro en el cual el MSC asociado a esa nueva área (donde ingresó la estación móvil) notifica este registro y transfiere al VLR la identidad del MSC donde se encuentra dicha estación. Si dicha estación todavía no se encuentra registrada o si el suscriptor de dicha estación móvil activa un nuevo servicio, tanto el VLR como el HLR, intercambiarán información para su registro y actualización de datos. Un VLR puede estar a cargo de uno o varios MSCs.

**-HLR** (*Home Location Register – Registro de Localización Base*): Es una base de datos que aloja permanentemente los datos específicos de usuario, encargada de gestionar los abonados móviles de tal forma que la red pueda enrutar apropiadamente las llamadas.

**-AuC** (*Authentication Center – Centro de Autenticación*): Es responsable de la autenticación, integridad y cifrado de los datos de cada usuario, además contiene las llaves de autenticación y de encriptación para de este modo proteger la información transmitida y proteger de interceptaciones no autorizadas.

**-EIR** (*Registro de Identidad de Equipo*): Es una base de datos encargada del almacenamiento del IMEI (International Mobile Equipment Identity) y de las características de la estación móvil.

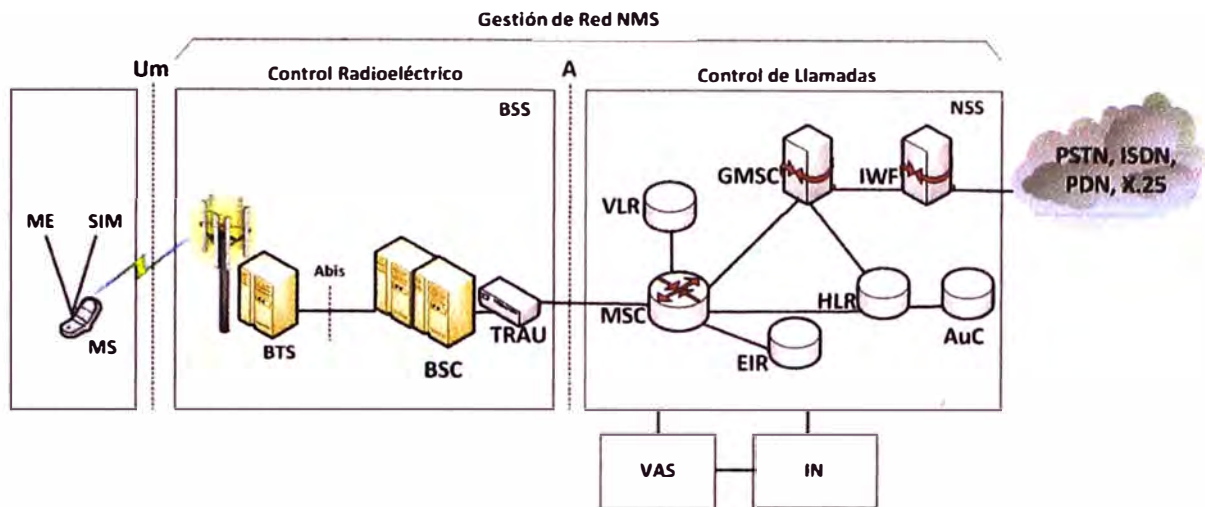
El avance más evidente para el desarrollo GSM básico era añadir nodos de servicios y centros de servicios a la infraestructura de redes ya existentes. El nombre de estos centros y nodos es plataformas de servicios de valor añadido es (VAS) que contiene dos dispositivos:

-Centro de servicios de mensajes cortos (SMSC)

-Sistema de mensajería de voz (VMS).

Proporcionando así servicios más personalizados. Para hacer posible esto se integró a la red GSM el concepto de red inteligente (*IN - Intelligent Network*). IN encuentra sus orígenes en las Redes de Telefonía Pública Conmutada (PSTN) y como se tenía que

perfeccionar su uso en las comunicaciones móviles se mejoró y se la presentó como: Aplicaciones Personalizadas para la Lógica Mejorada (CAMEL), que mejoraban ciertos fallos de IN, como el hecho de no soportar la movilidad de los servicios.



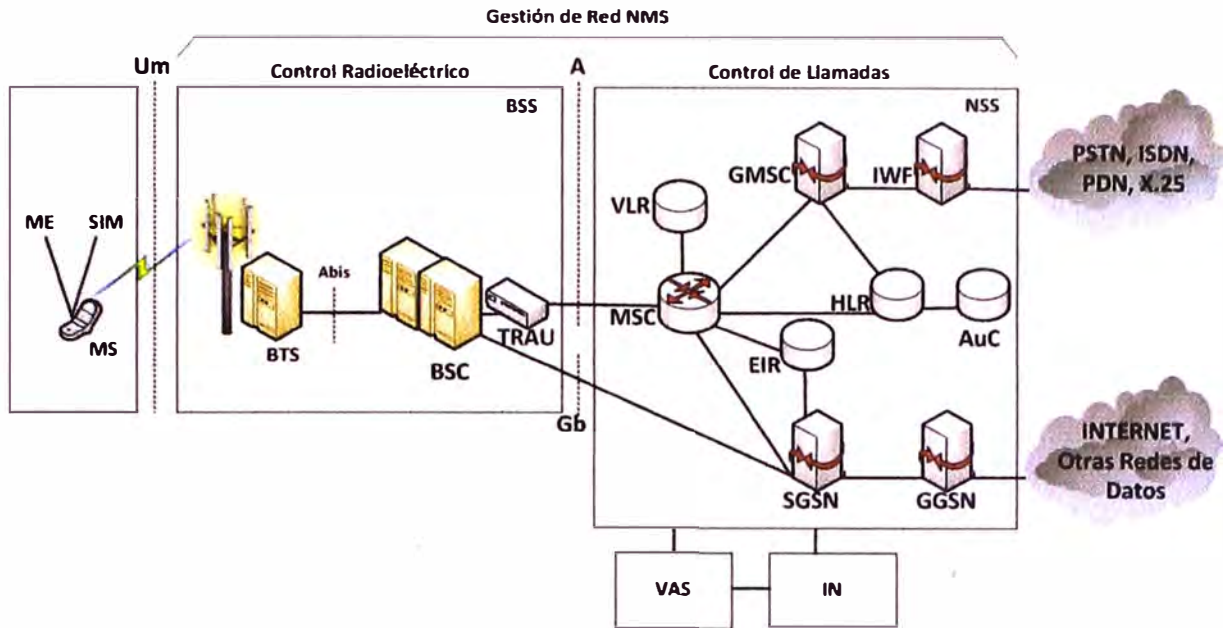
**Figura 2.2.-** Red GSM con la plataforma de servicios de valor añadido.

La interfaz Um simétrica de CS no es el mejor modo de acceso a las conexiones de datos, siendo la mayor parte del tráfico de datos por naturaleza de conmutación por paquetes - PS (*Packet Switching*). La forma de mejorar esto consiste en utilizar el servicio general de radio por paquetes (GPRS). Tecnología que requiere dos nodos adicionales de servicios específicos:

-**SGSN** (*Serving GPRS Support Node* - Nodo de soporte de servicio GPRS): Es, junto con el GGSN, el elemento encargado de llevar a cabo la conmutación de paquetes - PS en la red GPRS. Proporciona funcionalidades similares a las realizadas por el nodo MSC/VLR en el sistema GSM.

-**GGSN** (*Gateway GPRS Support Node* - Nodo de soporte de pasarela GPRS): Es el constituye la interfaz entre la red GPRS y las redes de paquetes de datos externas para el acceso a sus servicios y aplicaciones basadas en IP. Desde el punto de vista de la red externa, el GGSN es un router conectado a una subred, ya que oculta la infraestructura de la red GPRS al resto de redes. Cuando recibe datos dirigidos hacia un usuario específico, comprueba si la dirección está activa, y en caso afirmativo, envía los datos al SGSN.

Con estos dos nodos, MS puede establecer conexiones a través de la red GSM hasta una red externa de PS, como internet.



**Figura 2.3** Red GSM con Servicio General de Radio por Paquetes.

Para implementar la tecnología EDGE se debe tomar en cuenta algunos cambios en la red:

- En los mecanismos de transporte.
- En la topología de la transmisión.

Entonces había que mejorar la velocidad de la BSS para los nuevos fines y era un problema importante de solucionar. Al implementar EDGE en BSS se lo denomina GERAN (red de acceso de radio GSM/EDGE). Con los métodos de la codificación de los canales y la modulación 8-PSK, el terminal GPRS alcanza una velocidad de transferencia de datos de 348 kb/s, alcanzando así una velocidad aceptable de transferencia de datos.

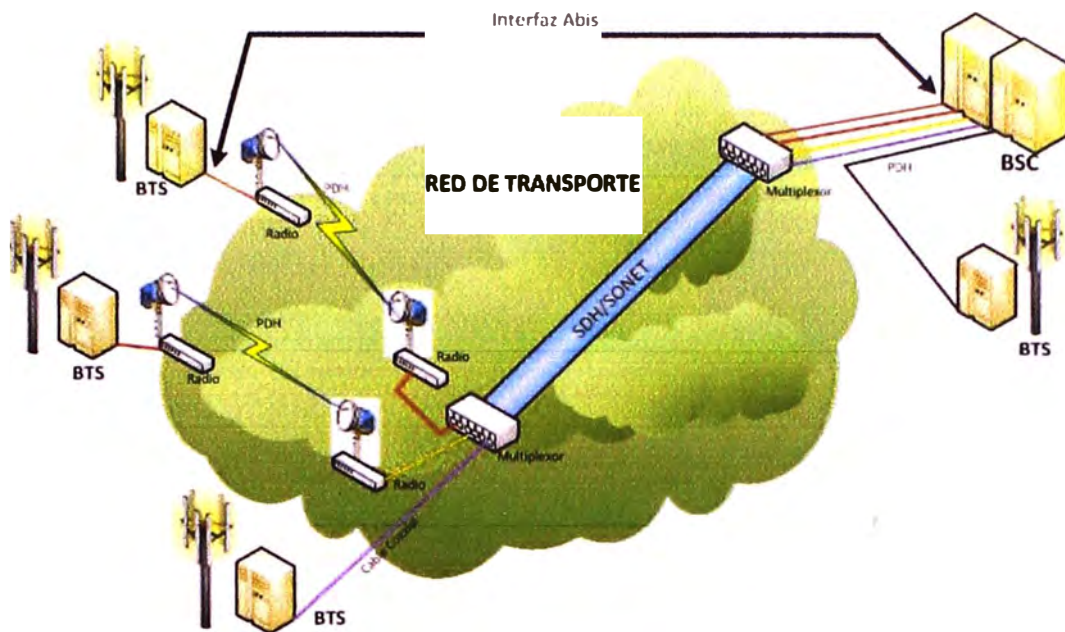
### 2.1.2 Red de Transporte

La red de transporte para los sistemas móviles de 2G, es referida fundamentalmente a la encargada de unir a las Estaciones Base - BTS con su respectiva estación controladora – BSC y viceversa. Esta red es la encargada de emular la interfaz *Abis* entre cada BTS y la BSC, como se puede apreciar en la *Figura 2.4*.

En este estándar 2G, en sus inicios casi la totalidad del tráfico era de voz, por lo cual por esta naturaleza, la red de transporte se basó sobre multiplexación por división de tiempo – TDM. Por ende, en estas redes se utiliza tecnologías como PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) y SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), pues el tráfico como se mencionó en su totalidad era el producido únicamente por la voz y para su transporte era suficiente con un pequeño número de enlaces E1/T1, dado que cada canal de voz consumía tan sólo 8 kbps. Por ello los enlaces físicos que conforman esta red, está compuesta tanto

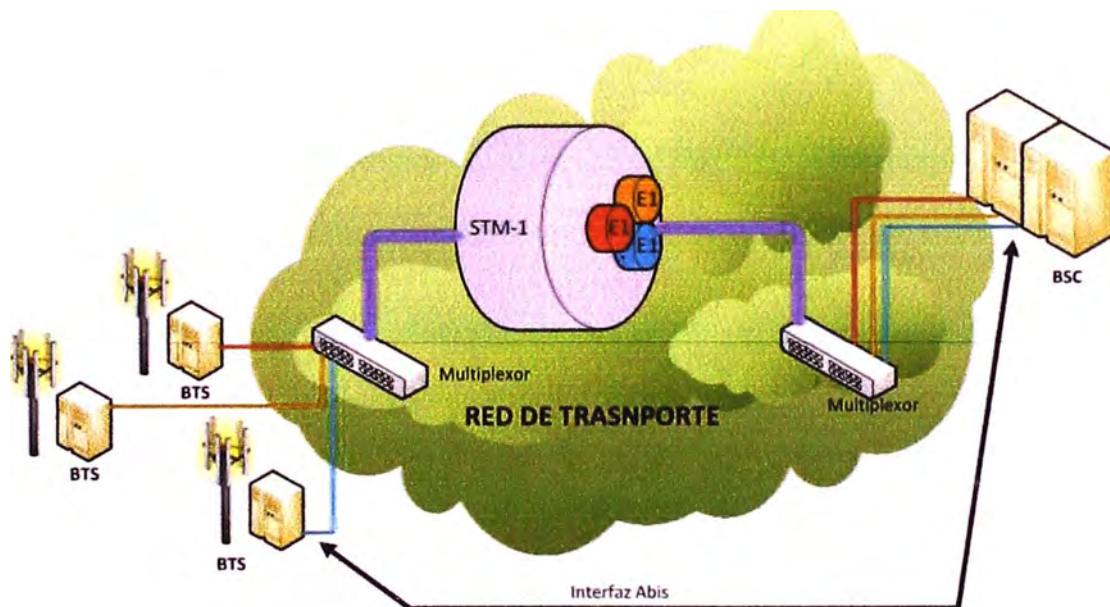


por radios PDH y SDH así como por Multiplexores.



**Figura 2.4.-** Red de Transporte de la interfaz Abis.

En la presente red se canaliza el tráfico mediante rutas estáticas pre-establecidas, como se puede apreciar en la *Figura 2.5*. Puesto que TDM por sus características es una tecnología de transmisión, que es muy eficiente para la canalización de rutas estáticas.



**Figura 2.5.-** Canalización de tráfico de la interfaz Iub.

A medida de que la estación base requiere de mayor capacidad se debe incrementar el número de enlaces E1 (2048 Kbps), por ello ante un escenario de mucha demanda de tráfico se tenían que desplegar redes que utilizaban enlaces TDM (*legacy*) de hasta 16 E1s, pero aquello ante un crecimiento del tráfico de datos que introdujo consigo EDGE, no serían suficientes para transportar las demanda de tráfico que podrían generar estas nuevas

redes evolucionadas.

Cabe señalar que en esta red de transporte, TDM cumple un papel importante, puesto que es el actor principal para lograr emular la interfaz *Abis* a lo largo de esta red. Sin embargo, dado que TDM es una Tecnología de transmisión y por tanto carece de los recursos que ofrece la conmutación. Produciendo con esto, que en un escenario de gran crecimiento de la red, esta tecnología de transmisión resulte muy costosa y compleja de desplegar, dificultando los servicios de Operación y Mantenimiento, así como la planificación y la gestión de la red.

## **2.2 Redes Móviles de Tercera Generación (3G)**

### **2.2.1 Arquitectura**

La red móvil 3G UMTS surgió como una evolución para solucionar las carencias de las redes GSM. Para entender la transición que ha sufrido la tecnología en este paso, simplemente tenemos que analizar la evolución del tráfico de datos que produjo previamente EDGE en 2G.

Uno de los grandes inconvenientes para lo anterior, es que GSM en su Evolución como EDGE posee velocidades de transferencia que no siempre están disponibles en toda la célula, porque para esto tendríamos que aumentar el número de las mismas, resultando una solución costosa y a un largo plazo.

Por otro lado, para solucionar estos problemas, se introdujo el método de acceso de radio, que es universal en las redes y aceptan el acceso de cualquier cliente 3G. Es más eficiente que el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para la transferencia de paquetes.

Por otro lado EDGE permite la interoperabilidad entre los sistemas: UTRAN que utiliza WCDMA y GERAN basado en GSM, siendo estas dos redes de acceso las formas básicas para las redes UMTS. El sistema WCDMA y el equipo de acceso de radio del mismo, no son compatibles con GSM de modo que se añaden nuevos elementos a la red para su integración:

#### **a. UE**

Se denomina como al terminal de usuario 3G se y se divide en: El equipo móvil (ME o MS dependiendo del sistema) y El módulo de identificación de usuario para UMTS (USIM).

#### **b. RAN**



El subsistema que controla el acceso de radio en banda ancha recibe diferentes nombres según la tecnología de Acceso de Radio - RAN (*Radio Access Network*) utilizada:

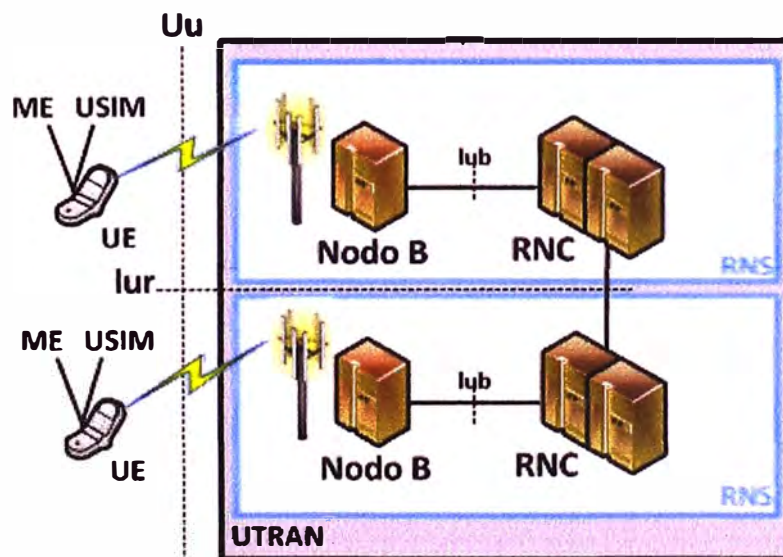
### b.1 UTRAN

Acceso de radio WCDMA, se subdivide en subsistemas de Red Radioeléctrica –RNS (*Radio Network Subsystems*), como se aprecia en la Figura 2.6. Estos RNS contienen los siguientes elementos:

**-Nodo B:** Es responsable de la transmisión/recepción desde o hacia los terminales móviles en una o más celdas UMTS. Los nodos B se conectan a los RNCs mediante el interfaz *Iub* y a las estaciones móviles a través del interfaz *Uu*. Los nodos B también son responsables del proceso de Soft Handover. Además un Nodo B debe soportar los modos FDD y TDD u operación en modo dual.

**-RNC (Radio Network Controller):** Este controlador de red de radio es la entidad controladora del RNS (Radio Network Subsystems), es responsable del control de los recursos de radio proporcionado por uno o varios Nodos B (estaciones bases). También es responsable del proceso de handover local, además de confidencialidad e integridad. La RNC es muy similar al BSC.

Los RNC se interconectan mutuamente a través de la interfaz de red interna de acceso *Iur*. Entre UE y UTRAN está la interfaz abierta *Uu* (se hace con WCDMA). Entre UTRAN y GERAN está la interfaz *Um*. Entre UTRAN/GERAN está la interfaz *Iur-g*; cómo podemos apreciar en la *Figura 2.6*.

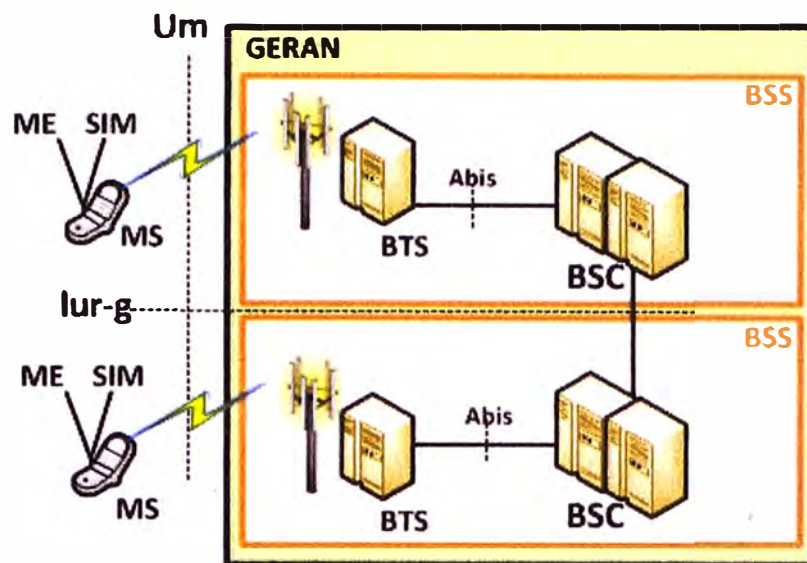


**Figura 2.6.-** El Subsistema UTRAN

### b.2 GERAN

De igual manera, como podemos apreciar en la *Figura 2.7*, contiene elementos

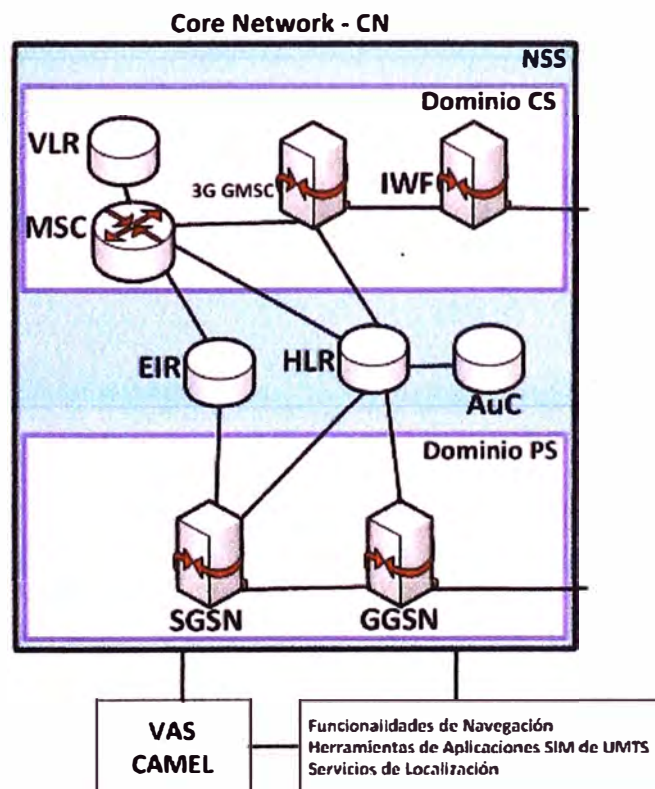
similares con las siguientes denominaciones:



**Figura 2.7.-** El Subsistema GERAN

### c. CN (Core Network)

La red central engloba a todos los elementos de red necesarios para el control de las conmutaciones y registros de abonados. Agrupa los dominios de CS y PS, como se puede apreciar en la *Figura 2.8*.

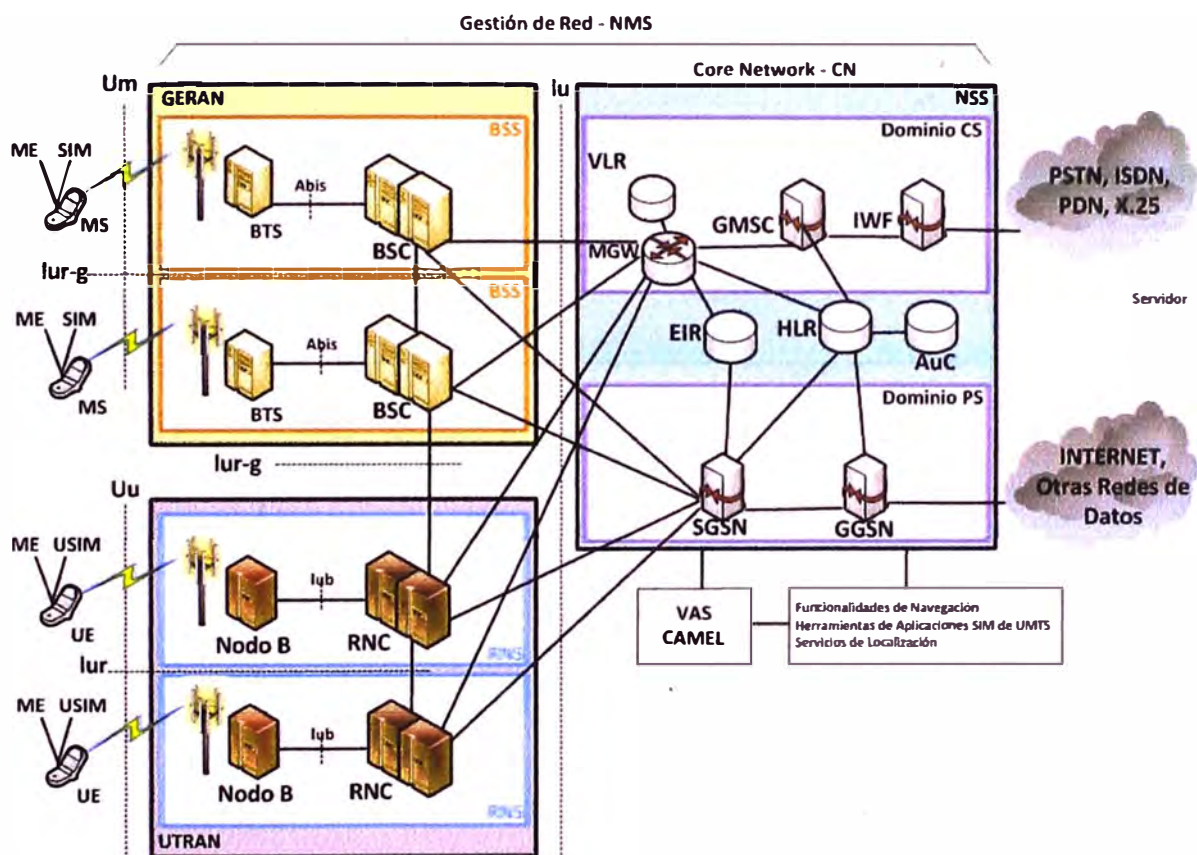


**Figura 2.8.-** Subsistema Core Network - red Principal.

Un requisito clave en UMTS es la interoperabilidad como por ejemplo el traspaso

(*handover*) entre sistemas donde le acceso de radio cambia de GERAN a UTRAN y viceversa. Esta condición la lleva a cabo, la interfaz aérea de GSM modificada de forma que pueda difundir información del sistema sobre la red radioeléctrica WCDMA y viceversa, se deben minimizar los costes de implementación reutilizando MSC/VLR de 2G para gestionar el acceso radio en banda ancha UTRAN.

El problema con la IN (Red Inteligente, introducido en GSM) en una red de este tipo es que no puede transferir información de servicios entre redes, es decir que funciona solo dentro de su red base. Por esto ya se tenía la mejora de IN que es el elemento CAMEL, que puede transferir información de servicios entre redes.



**Figura 2.9.-** Red UMTS y sus Subsistemas en 3GPP v99.

ATM (Modo de Transferencia Síncrona) se utiliza en las conexiones de transmisión de la red WCDMA en un medio de transmisión física. El proyecto FRAMES favoreció el uso de ATM y mejoras en los siguientes puntos:

-El tamaño y la carga útil de célula ATM son pequeños, esto disminuye el *buffering* (almacenamiento temporal de la información que causan retrasos afectando el QoS del tráfico en tiempo real).

-Se consideró el protocolo de internet IP v4, pero presentaba inconvenientes graves como el límite del espacio del direccionamiento y la pérdida de QoS.

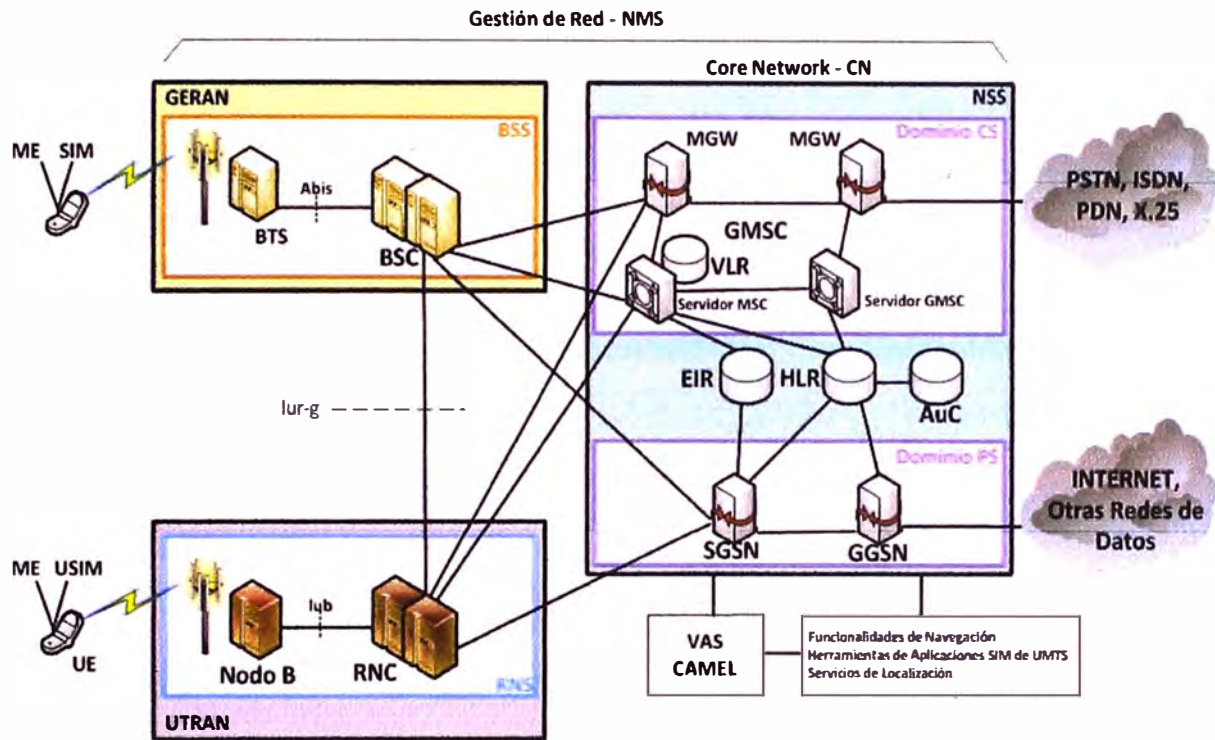


-Se puede utilizar ATM e IP conjuntamente, esto combina ventajas de ambos protocolos:

\*Ip posibilita conexión con las demás redes y ATM se encarga de la calidad de conexión y del encadenamiento.

\*Cierta elemento de la red usa direcciones fijas IP v4, y el trafico real de usuario utiliza direcciones IP v6 asignadas dinámicamente validas en las redes 3G.

\*Para adaptar la red 3G a otras redes, la red central de IP de 3G debe contar con la conversión de dirección IP v4 a IP v6.



**Figura 2.10.-Evolución de una red 3G en la especificación 3GPP v4**

En la versión 3GPP V5 se implementó los siguientes elementos:

-Transporte IP por todo el sistema, desde las estaciones base hasta los límites de la red.

-Introducir un subsistema multimedia IP IMS (IP Multimedia Subsystem) para comenzar un uso generalizado de diversos servicios multimedia.

-Unificar interfaces abiertas entre diferentes accesos y las redes centrales.

-Adquirir mayor capacidad aire de la UTRAN en dirección descendente.

-Con esto se pretendió simplificar la estructura de red con soluciones más sencillas en el protocolo de transporte.

-IMS es una solución de sistema y que puede utilizar diferente redes; entre otras.

-Los usuarios finales podrán utilizar sofisticados servicios multimedia y de mensajes.

### 2.2.2 Red de Transporte

En esta nueva red de transporte, la voz deja de ser el tráfico predominante, debido a

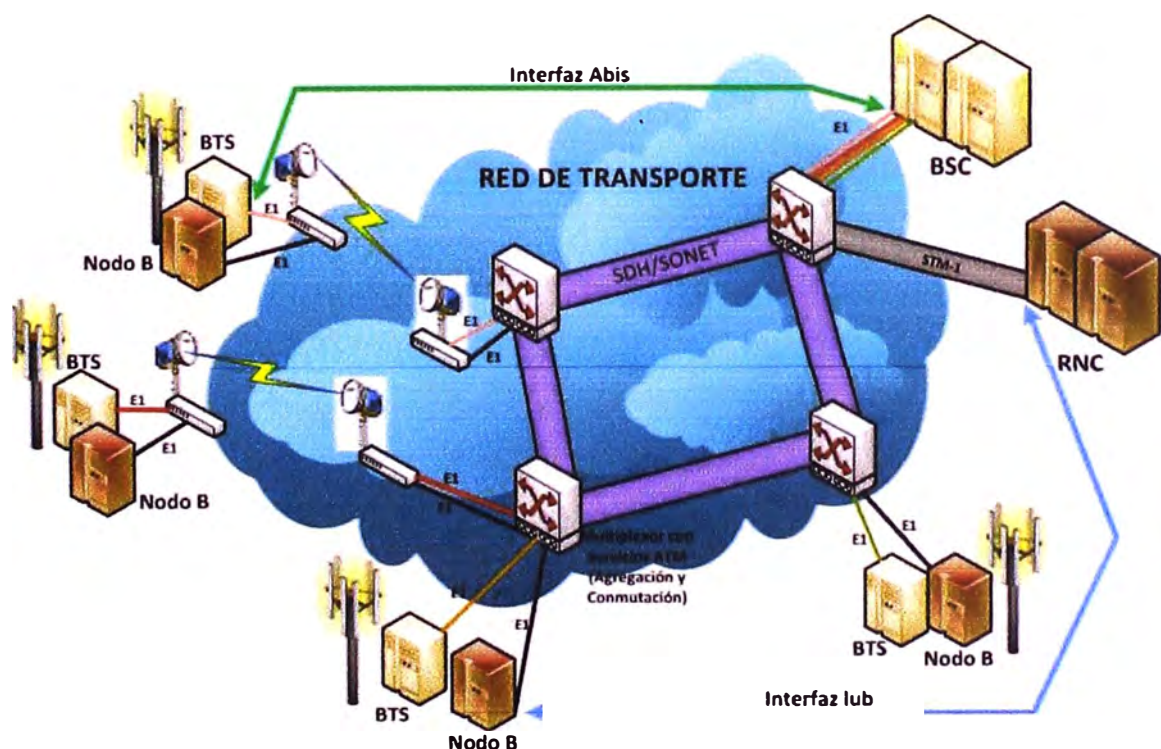
que el estándar 3G ofrece múltiples servicios de aplicaciones multimedia que requieren altas tasas de transmisión de datos. Por tanto ya no basta solo con TDM como tecnología de transporte, puesto que se necesita mejor administración de recursos de la red.

Debido a la demanda que originaría el tráfico conformado por voz y datos, se buscó soluciones de transporte orientados a conexión, que puedan brindar calidad de servicio QoS y a su vez que optimizaran los recursos de la red. Dado que IP no garantizaba la Calidad de Servicio – QoS, debido a lo inmaduro de su desarrollo que se presentaba en ese entonces, se dispuso por tanto incorporar a la red de transporte, a la Tecnología ATM, ya que está orientada a conexión y a su vez brinda QoS.

Así mismo ATM soporta no solo estrictamente la voz y los servicios de conmutación de circuitos, sino también el enorme conjunto de servicios y aplicaciones en Internet a través de la conmutación de paquetes, disponibles en aquellos momentos.

Por otro parte, la red de transporte para los sistemas móviles de 3G, es referida a la encargada de unir a los Nodo B con su respectiva estación controladora – RNC (*Radio Network Controllers*) y viceversa, a través de la interfaz *Iub*.

La interfaz *Iub* es un complejo conjunto de protocolos que se ocupan de todos los aspectos de comunicaciones del Nodo B al RNC, incluyendo los medios, señalización y OAM (Operación, Mantenimiento y Administración) sobre ATM. ATM a su vez, puede ser transportado sobre diversos enlaces TDM.

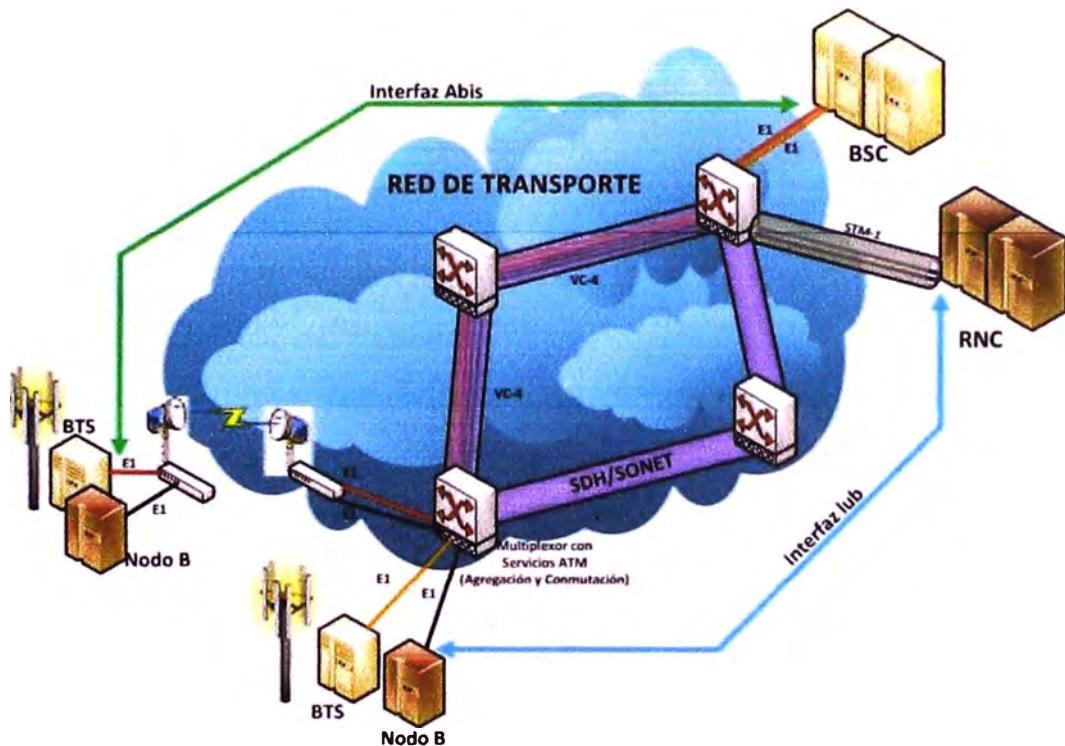


**Figura 2.11.-** Red de Transporte de las Interfaces Abis y Iub.

En esta red de transporte coexisten tanto los estándares 2G y 3G, como se puede apreciar en la *Figura 2.11*; permitiendo con esto al proveedor de servicios, la reducción de los costos en el despliegue de equipamiento, en O&M (operación y mantenimiento), así como también optimiza la planificación y gestión de la red.

Los enlaces físicos que conforman esta red, está compuesta tanto por radios PDH y SDH, pero a su vez dado que se incluye tecnología ATM como conmutación en el transporte; los multiplexores existentes y/o por desplegar ten la red, tendrán que soportar los servicios de Agregación y Conmutación ATM.

En las primeras versiones o *Releases* del Estándar 3G, los Nodos B realizan la conexión de la interfaz *lub* a los concentradores ATM (Estos últimos se encuentran incorporados en los Multiplexores) a nivel de E1s, y las conexiones al RNC son generalmente por STM-1s, como se puede apreciar en la *Figura 2.12*.



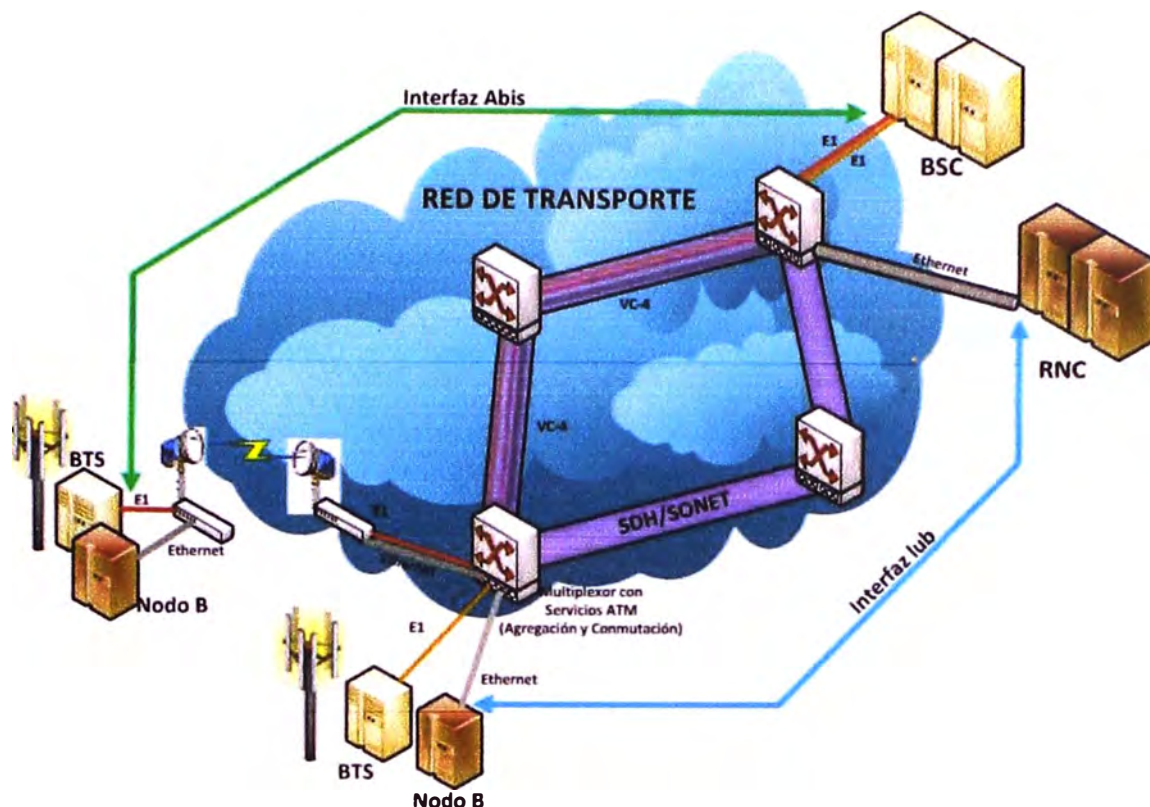
**Figura 2.12.-** Canalización de Trafico de las interfaces Abis y lub.

Además, en esta red se puede apreciar ya un incremento del tráfico de datos con lo que se necesita una tecnología que pueda proveer mayor ancho de banda con calidad de servicio, y económicamente no se hace viable el uso de los tradicionales enlaces E1/T1, ya que un usuario de 3G puede consumir varios Mbps, por tal motivo las redes de transporte *legacy* como las radios PDH con enlaces de hasta 16E1s, están llegando al final de su capacidad y tendrán que ser reemplazadas por tecnologías más eficientes.

Cabe señalar que las primeras versiones del estándar 3G definen esta conexión entre el



Nodo B y el RNC como una pura conexión TDM, pero posteriormente con las sub-siguientes versiones (*Release 5*) la conexión deja de ser puramente TDM pasando a usar IP/Ethernet, buscando principalmente un uso generalizado de IP desde el Nodo B hasta límites de la red y a su vez una escalabilidad con las redes del estándar 4G.



**Figura 2.13.-** Red de Transporte de la interfaz Abis y lub con 3GPP Release 5.

Dado que ATM provee servicios orientados a la conexión, para realizar la comunicación entre los Nodos B y el RNC o las BTS y la BSC, cada Nodo B/ BTS debe solicitar al conmutador ATM con el cual se conecta a la red de transporte, el establecimiento de una conexión con su RNC/BSC correspondiente. Estas conexiones se realizan mediante un Circuito Virtual Permanente - PVC (*Permanent Virtual Circuits*).

Los PVC son establecidos manualmente por un operador desde la plataforma de gestión NMS (*Network Management Station*) de la red ATM. Una vez establecida la conexión o circuito virtual, esta permanece hasta que el operador la elimine de la configuración de la red. El comportamiento de este tipo conexiones es similar a un circuito dedicado, en donde se tiene un canal disponible durante todo el tiempo, sea usado o no, pero en donde se garantiza un ancho de banda en cualquier momento. Este tipo de circuito virtual garantiza el uso de servicios como el tráfico de voz y datos en tiempo real. Obviamente es una conexión más costosa puesto reserva recursos permanentes para QoS.

Sin embargo, a pesar de todo ello ATM nunca llegó a cuajar en el entorno de la red

Transporte, debido a que ante un escenario de crecimiento de la red y de demanda de ancho de banda aumentaba su complejidad, alto coste y bajo rendimiento. Asimismo el aumento de tráfico de servicios con IP, generaron muchos problemas de IP/ATM, derivados principalmente de la gestión de 2 redes diferentes, lo que motivo a los fabricantes a estandarizar una tecnología que integre de forma efectiva, para ello eso obtuvieron mejoras en el desarrollo de la tecnología Ethernet; la que finalmente llevaría a implementar IP/MPLS como solución para la Red.

### 2.3 Redes Móviles de Cuarta generación (4G)

La segunda y tercera generación se basan en técnicas de Conmutación de Circuito (CS) para la voz, mientras que LTE propone la técnica de Conmutación por Paquetes IP (PS).

En la *Figura 2.14* se presenta un resumen de las velocidades de las tecnologías HSPA y LTE.



**Figura 2.14.-** Velocidad de datos de *uplink* y *downlink* de HSPA y LTE

#### 2.3.1 Arquitectura de una Red Móvil 4G

El gran avance de las tecnologías inalámbricas buscan eficiencia en sus redes, reduciendo costos y mejorando calidad de servicio; por ello LTE presenta muchas mejoras frente a otras tecnologías en lo concerniente a velocidad de transmisión de datos, eficiencia del espectro, baja latencia, etc.

##### 2.3.1.1 EPS (Evolved Packet System)

EPC, E-UTRAN y el equipo de usuario, forman la capa de conectividad IP (*Internet Protocol*) llamada también EPS (*Evolved Packet System*).

SAE (*System Architecture Evolution*) es un sinónimo de EPS cuyo nombre fue cambiado por la organización 3GPP, el cual fue diseñado como un sistema de paquetes para obtener mayor velocidad de datos.

EPS presenta un cambio importante en la arquitectura de red, se elimina el nodo denominado RNC (*Radio Network Controller*) cuyas funciones son implementadas en el eNodo B reduciendo retrasos y optimizando la red.

A continuación en la *Figura 2.15* podemos apreciar la arquitectura de la red LTE.



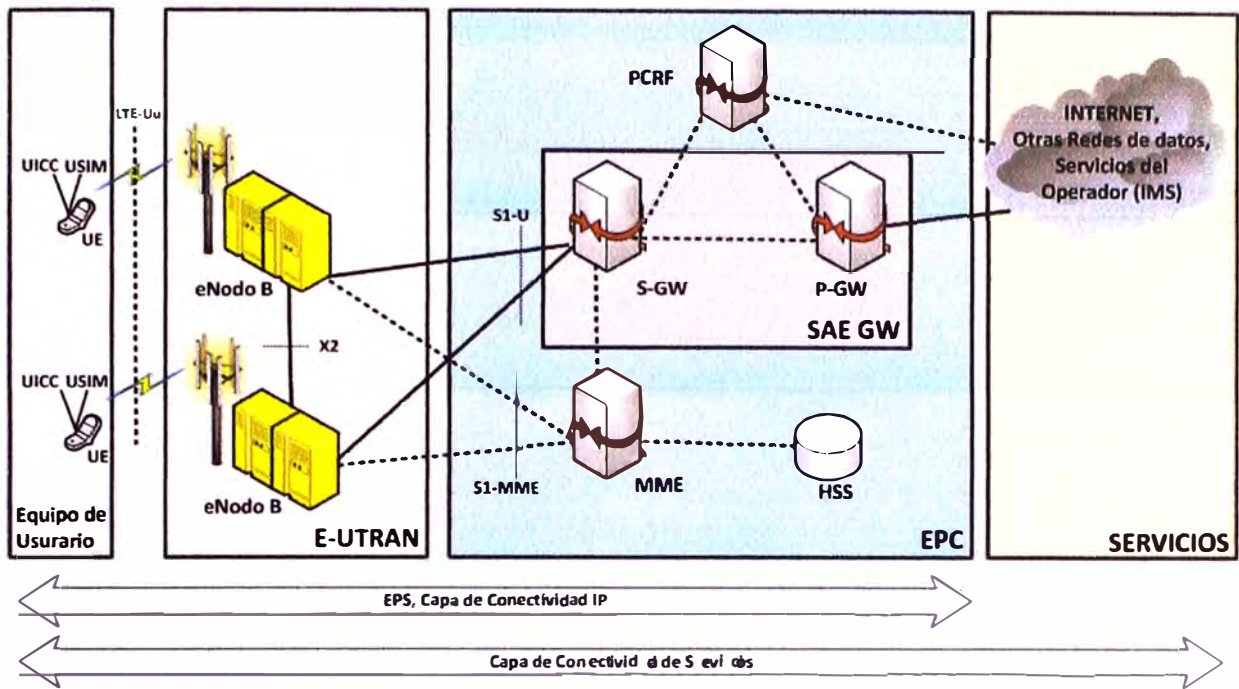


Figura 2.15.- Arquitectura de la red LTE

#### a. EPC (*Evolved Packet Core*)

Para aprovechar todas las ventajas de las tecnologías y permitir la coexistencia de tecnologías con arquitecturas de paquetes se ha desarrollado un nuevo núcleo de red EPC (*Evolved Packet Core*).

EPC está basado en protocolos TCP / IP, lo cual permite la interconexión entre redes fijas e inalámbricas.

Los elementos que forman la EPC son:

##### a.1 Serving Gateway y PDN Gateways

Son dos elementos de red que conforman el SAE GW que permite tener salida hacia las redes públicas de datos. Conjuntamente con el MME, pueden o no ubicarse en un solo nodo, de acuerdo con los proveedores y los despliegues que se realicen.

**-Serving Gateway:** Es el nodo que termina la interfaz del plano de usuario hacia la red de acceso radio. Para cada terminal de usuario asociado con el EPC hay un único S-GW asignado en cada momento, que actúa como punto de anclaje local para la movilidad entre redes 3GPP. Entre las funciones están las siguientes:

\*Envía el tráfico móvil a Internet y a otras redes IP.

\*Punto de anclaje local de movilidad para el *handover inter-eNode B*.

\*Anclaje para movilidad inter-3GPP (reinstalación del tráfico entre sistema 2G/3G y el Gateway PDN). A esto se lo suele llamar función de Anclaje 3GPP.

\*Es la entidad involucrada con el tráfico de usuario en el caso de movilidad entre LTE y

otra tecnología 3GPP.

\*Proporciona información del tráfico de usuario, ruteo y reenvío de paquetes.

**-PDN (*Packet Data Networks*) Gateways:** Es el nodo que permite acceder a redes de datos públicas. Si un usuario está accediendo a múltiples redes PDN, puede haber más de un P-GW asignado a él, actuando como punto de anclaje para movilidad hacia redes no-3GPP y aplicando las políticas de utilización de red para el tráfico de usuario. Entre las funciones están las siguientes:

\*Brinda soporte para la interconexión entre tecnologías heterogéneas 3GPP (GSM, UMTS, HSPA) y no 3GPP (*Wimax o WiFi*).

\*Interfaz entre la red de acceso y las diferentes redes de paquetes.

\*Además transfiere políticas de calidad de servicio y tarificación que se aplica al tráfico de usuario.

#### **a.2 Entidad de Administración de la Movilidad - MME (*Mobility Management Entity*)**

Es el elemento de control de la EPC encargada únicamente de la señalización por lo que en ella no se transportan paquetes con tráfico de datos de los usuarios.

MME administra la movilidad, las identidades UE y los parámetros de seguridad, también realiza tareas como la autenticación, autorización y señalización no ligada al acceso, lo que permite a los operadores dimensionar la señalización y el tráfico de manera independiente. Las funciones de MME incluyen:

-Señalización NAS (*non-access stratum*) y seguridad asociada

-Señalización entre nodos de red central para movilidad entre redes de acceso 3GPP.

-Permite al operador manejar, de manera independiente, la señalización y el tráfico de usuario.

#### **a.3 HSS (*Home Subscriber Server*)**

Es el encargado de almacenar información de suscripción y datos de autorización necesarios para el acceso del usuario al sistema y se lo considera como una evolución del HLR (*Home Location Register*) de GSM.

Contiene toda la información de suscripción del usuario necesaria para gestionar sesiones. Esta información incluye, entre otras, información de localización, de seguridad (autenticación y autorización), perfil de usuario (indica los servicios a los que el usuario tiene acceso).

#### **a.4. PCRF (*Policy and Charging Rule Function*)**

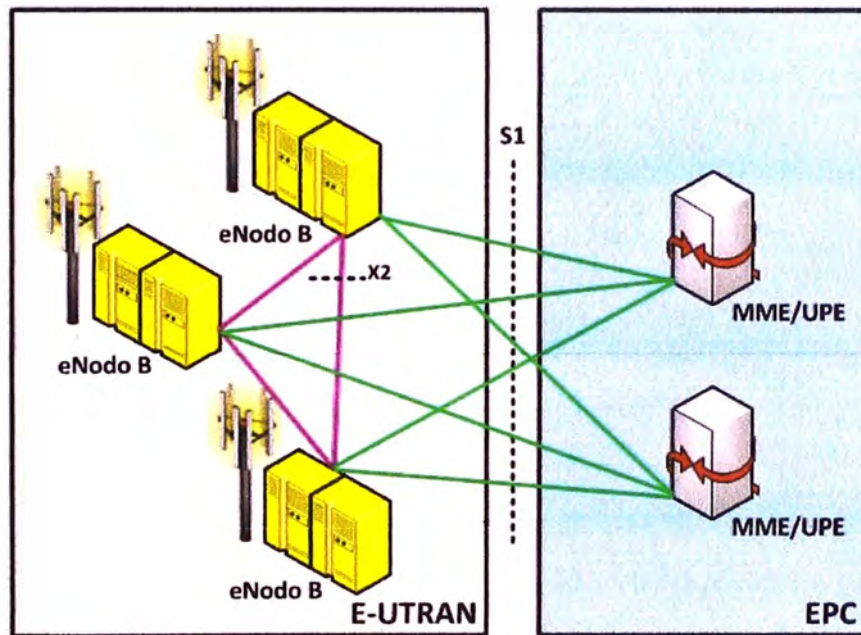
Es el encargado de gestionar y provisionar en la "PDN SAE GW" las políticas de

calidad de servicio y tarificación a aplicar al tráfico de usuario. El PCRF no es un nodo específico de la nueva arquitectura sino que se define en la Rel.7 del 3GPP.

### b. E-UTRAN (Interfaz aire)

La interfaz aire de LTE se denomina E-UTRAN, está constituida por varios eNB (*Evolved Node B*) conectados entre ellos mediante interfaces *X2*, se lo considera como la estación base de LTE que interconecta equipos de usuario y la red además cumple varias funciones de control.

En la *Figura 2.16* se muestra la estructura de la arquitectura LTE con E-UTRAN, en la que constan las conexiones de los eNB mediante interfaces *X2*, eliminando así el redireccionamiento de datos a la RNC que existe en la arquitectura de red del *Release 7*. E-UTRAN se enlaza al siguiente nivel, EPC, mediante la interfaz *S1* que conecta los eNB con la MME (*Mobility Management Entity*) y S-GW (*Serving Gateway*).



**Figura 2.16.-** Arquitectura LTE con E-UTRAN

El nodo que constituye E-UTRAN se denomina eNodo B el cual es una radio base que se ubica junto a las antenas de radio y es un elemento que enlaza al equipo de usuario con EPC, cumple la misma tarea que una BTS en una red GSM.

Las funciones son seleccionar el MME/UPE (*User Plane Entity*), para enrutar datos hacia S-GW; además el eNB revoluciona las arquitecturas actuales debido a que incorpora las características de la RNC, lo que hace que se reduzca considerablemente la latencia del sistema. El eNB es responsable de la compresión de cabecera, cifrado y entrega de paquetes. En el plano de control se encarga de funciones como la admisión, control y gestión de recursos de radio.

### c. Equipo de usuario - UE

Proporciona al usuario la capacidad de comunicarse con la red LTE, pueden ser teléfonos, modems, etc.

Estos dispositivos contienen un módulo de identificación denominado USIM (*Universal Subscriber Identity Module*) que es una aplicación que se ejecuta en una tarjeta UICC (*Universal Integrated Circuit Card*).

El módulo de identificación del abonado es usado para identificar y autenticar al usuario mediante claves de seguridad proporcionando protección a las comunicaciones.

#### 2.3.1.2 Integración de Redes Móviles 2G/3G con LTE

Es importante tomar en cuenta que al iniciar con servicios de datos con tecnología LTE paralelamente se presenta la inminente necesidad de acceder a servicios que ofrecen redes basadas en conmutación circuitos, por tanto es necesario que las redes 2G y 3G se integren a la nueva red 4G LTE. La arquitectura de red LTE junto a redes 2G y 3G se puede apreciar en la Figura 2.17.

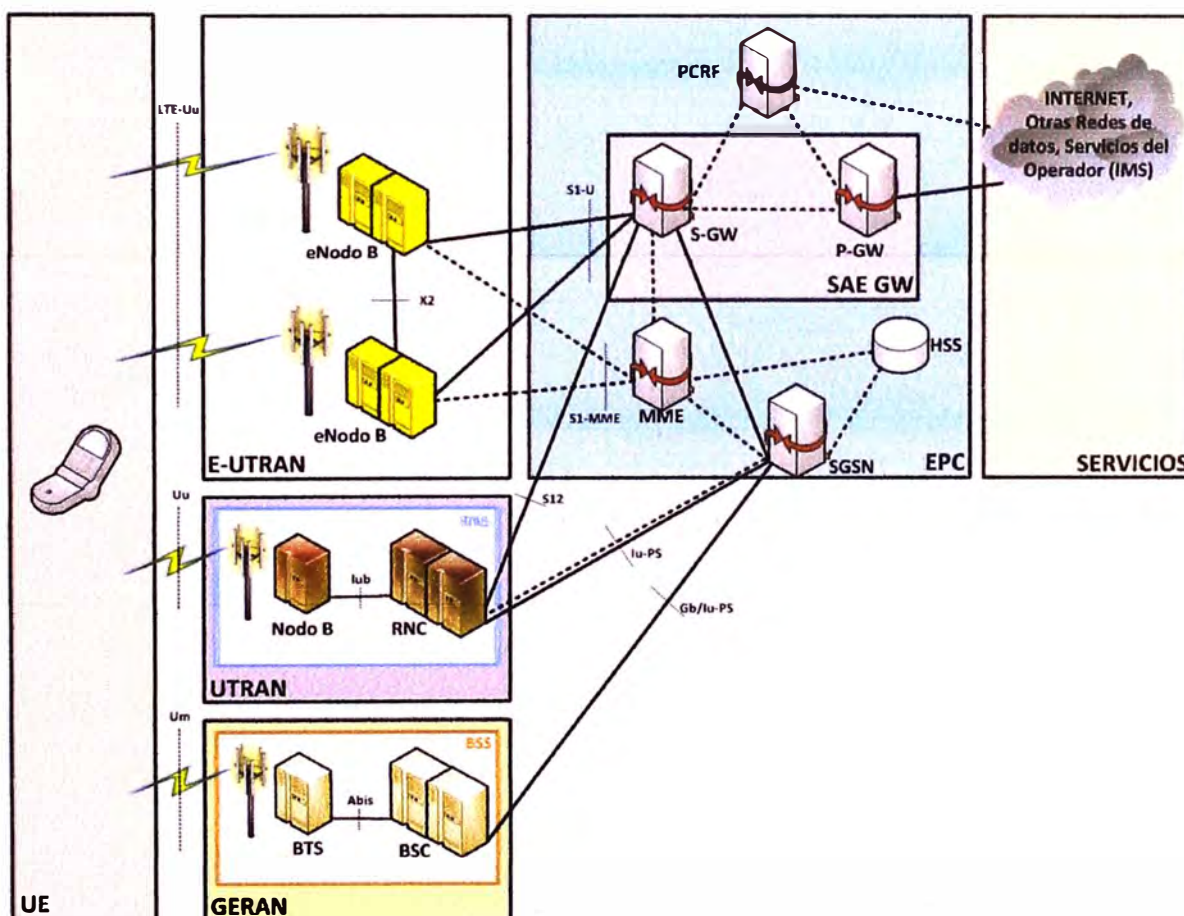


Figura 2.17.- Arquitectura de red LTE con accesos de red 3GPP.

#### 2.3.2 Red de Transporte de una Red Móvil 4G

En esta nueva red de transporte, quizás el cambio más importante que se introducirá en

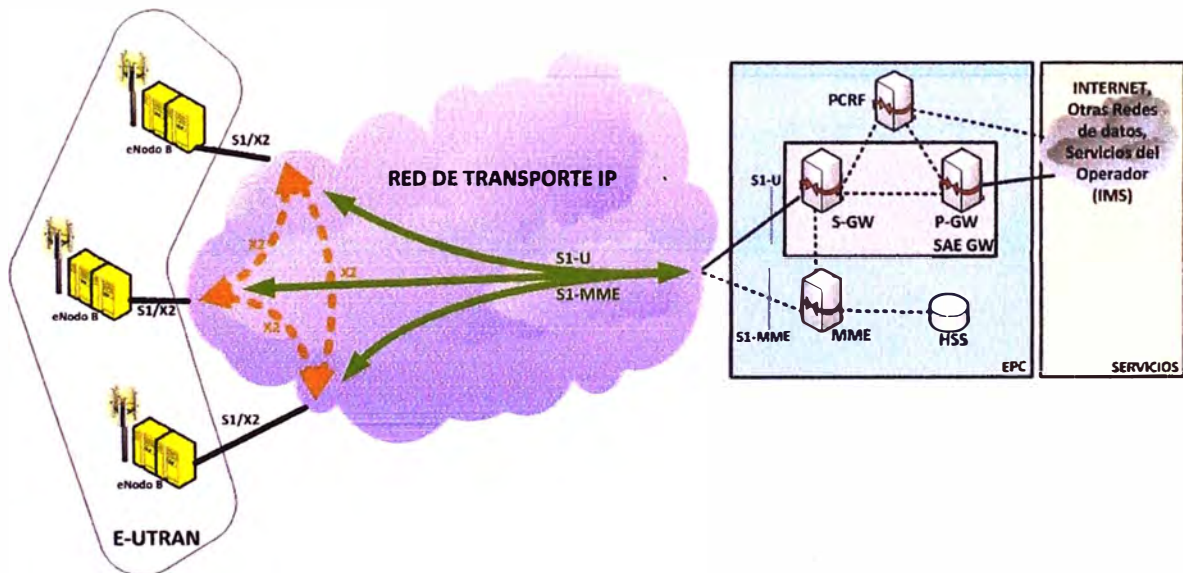


las estaciones base LTE o eNodo B como se les conoce. Los eNB adquieren con esta evolución una mejora en comparación de sus antecesoras (Nodo B/BTS), que es la de asumir la responsabilidad de gestionar el servicio entre sí, es decir sin necesidad de un controlador externo; como es el caso de las redes de 2G y 3G que dependen de una red centralizada hacia los controladores de estación base (RNC/BSC).

En LTE, cuando un usuario necesite realizar Handover entre las celdas de los eNB, se comunicaran directamente entre sí, a través de la red transporte para llevar a cabo la operación Handover. Por ende tanto el plano de control (*roaming* y control de llamadas) y el tráfico de datos del usuario pasan directamente entre los eNB mediante la interfaz X2, conectadas en una red de transporte de estilo tipo malla.

Esta inteligencia y distribución de red puede reducir la latencia y liberar la capacidad de la red del Core (EPC), enviando los datos directamente a su destino sin pasar por un punto de agregación centralizada. Esto último contribuye a un mejor tratamiento del tráfico hacia redes externas (otras redes de datos u operadores), el tráfico de internet y/o tráfico de aplicaciones multimedia.

En tanto denominaremos como red de transporte para LTE, como la encargada de conectar los eNB entre si y los eNB con el EPC. Estas conexiones se logran mediante interfaces que se dividen en las siguientes:



**Figura 2.18.-** Red de Transporte con las interfaces X2 y S1.

**-Interfaz X2:** La interfaz que conecta los eNB a otros eNB de un grupo lógico específico, para transmitir datos de usuarios entre ellos.

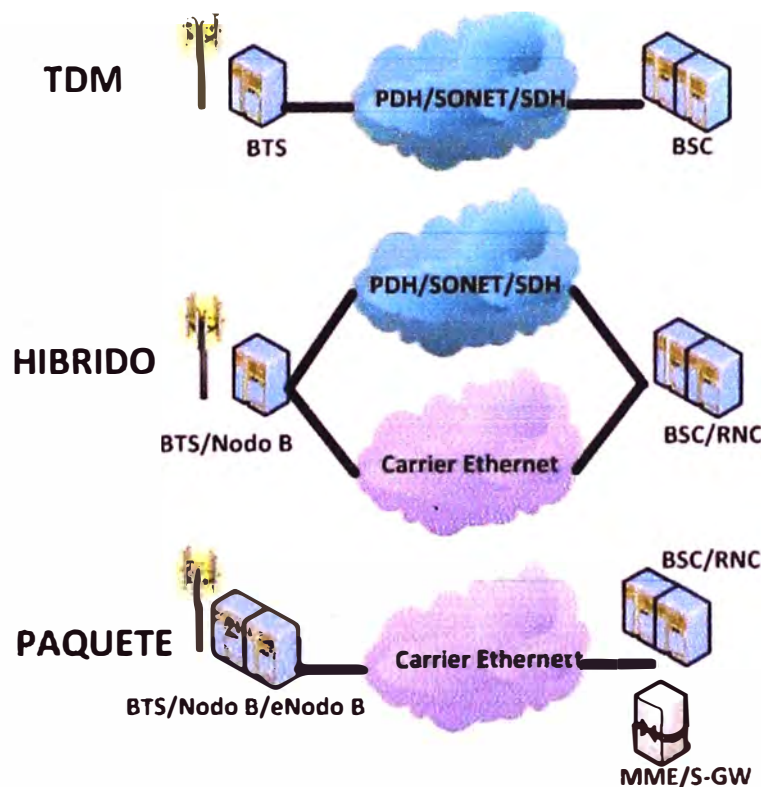
**-Interfaz S1:** La interfaz que conecta los eNB a la EPC, y es de dos tipos:

\*Interfaz **SI-MME**: Es el punto de referencia para el protocolo del plano de control entre E-UTRAN y MME.

\*Interfaz **SI-U**: Es un punto de referencia entre E-UTRAN y GW para el portador y los eNB.

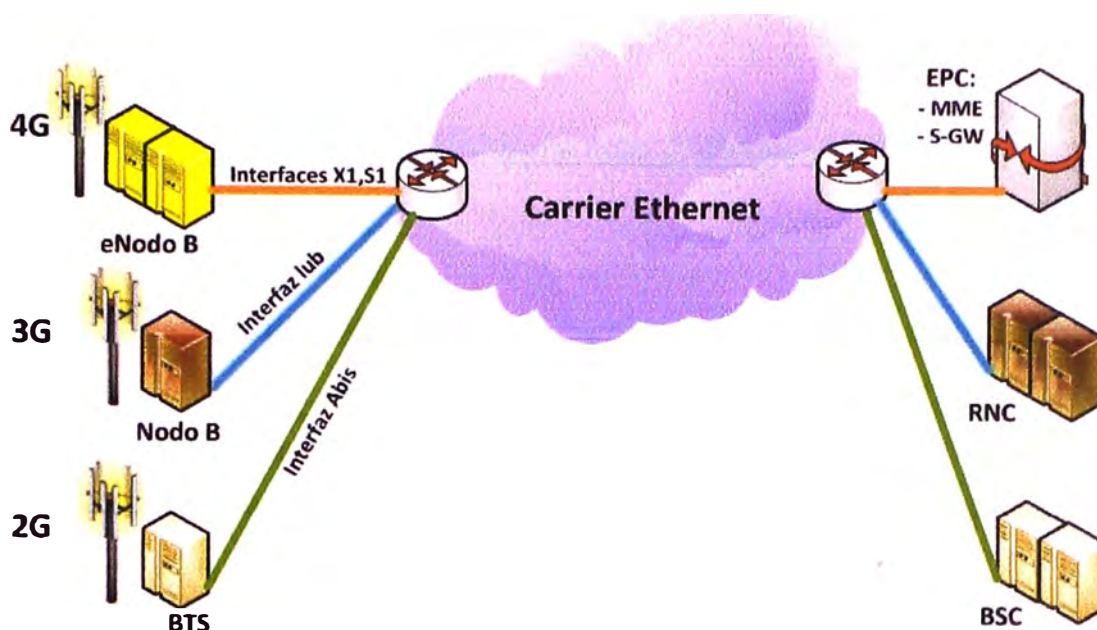
Por tanto la nueva red de transporte, deberá emular la conexión estilo tipo malla de la Interfaz *X2* entre un grupo lógico de eNB, así mismo la interfaz *SI* de los eNB con el EPC, como se puede apreciar en la *Figura 2.19*.

Debido a que la SAE o EPS posee conectividad IP, la red transporte no deberá estar al margen de esto de modo que deberá realizar el cambio de tecnologías legado (TDM) a *Ethernet*. Para facilitar esta transición en el mercado existen soluciones híbridas u otras alternativas puramente Ethernet, que ayudan a mejorar y garantizar las altas velocidades que requerirá la nueva red, como podemos apreciar en la *Figura 2.19*.



**Figura 2.19.-** Proceso de Transición de la Red de Transporte.

LTE dependerá de *Ethernet* para la interconexión entre los diversos elementos funcionales, conduciendo una evolución del transporte basado en legado (TDM) a costo-beneficio, del transporte *Carrier Ethernet*. Al mismo tiempo, el cambio a IP crea una necesidad de apoyar a la amplia base de servicios 2G/3G existentes que continuará en los próximos años con nuevas infraestructuras, basadas en paquetes; cómo podemos apreciar en la *Figura 2.20*.



**Figura 2.20.-** Red de Transporte sobre una infraestructura Ethernet.

Entre los beneficios que se pueden obtener con esta nueva red de transporte, son: velocidades de datos más rápidas, latencia reducida, reducción de los costes de transporte/distribución, y una red IP más simple/más plana. LTE invoca cambios en la arquitectura de la red resultante en una menor jerarquía de protocolo entre elementos de red dispares y mayor aplanamiento de la red en torno a un protocolo de red clave - IP.

A medida que los proveedores de servicios empiecen a introducir poco a poco LTE en sus redes, se tendrán que aprovechar los *Site* (estaciones base) 2G/3G existentes siempre que sea posible. Esta reutilización de *site* implica que la red de transporte debe ser lo suficientemente escalable para soportar las capacidades acumulativas y de coexistencia de LTE, ya sea con redes CDMA o W-CDMA. También significa que la red de transporte tendrá que soportar una combinación de TDM, ATM, y el tráfico IP/Ethernet sin dejar de aplicar el control de calidad de servicio (QoS) relacionados con parámetros (como *jitter* y retardo), para cumplir con el "comportamiento determinista" de los circuitos TDM cuando se transportan a través de enlaces cargados completamente de paquetes.

En algunos casos, los proveedores de servicios aprovecharán la infraestructura existente TDM en apoyo de los servicios de voz tradicionales. La solución para el transporte móvil debe incorporar interfaces nativas TDM o el uso de servicios de circuitos emulados (CES)/ tecnología pseudowire para el transporte *legacy*; como es el caso de la solución de la red de transporte multiservicio IP/MPLS, que se utilizara en el presente proyecto.

## **CAPITULO III**

### **DESCRIPCION DEL PROTOCOLO MPLS**

#### **3.1. Introducción a la Tecnología MPLS**

El protocolo TCP/IP ha sido hasta hoy en día, una solución clásica y estándar para el transporte de información en las redes, utilizando enrutamiento de paquetes con ciertas garantías de entrega, sin embargo el crecimiento acelerado del tráfico ha causado problemas en el manejo de los paquetes transportados.

Por esta razón, desde los años 90, diversas empresas empezaron a desarrollar la tecnología MPLS (*Multi -Protocol Label Switching*) para tratar de combatir el problema presentado; entre estas compañías tenemos: *Ipsilon* con *IP Switching*, *Toshiba* con *Cell Switch Route*, *Cascade Communications* con *IP Navigator*, *Cisco Systems* con *Tag Switching* e *IBM* con *Aggregate Route-Based IP Switching*, pero recién años más tarde (abril 1997) la IETF (*Internet Engineering Task Force*) la adoptó para su estandarización, recogida en la RFC 3031. Los primeros estándares fueron publicados a partir del año 2001.

#### **3.2. Definición de MPLS:**

El *Multiprotocol Label Switching* - MPLS es una solución que integra el control del enrutamiento IP (capa 3) con la simplicidad de la conmutación de la capa 2. De forma más precisa, MPLS es una tecnología de conmutación de etiquetas, que combina la capacidad de la ingeniería de tráfico de ATM con la flexibilidad y la escalabilidad de IP, por lo que también se la conoce como IP/MPLS. Así mismo MPLS provee la habilidad de establecer caminos orientados a la conexión, sobre redes IP no orientadas a la conexión, y facilita un mecanismo para administrar ingeniería de tráfico independientemente de las tablas de enrutamiento.

Tecnología MPLS proporciona QoS basándose en la diferenciación de clases de servicio, y posibilita la implementación de redes privadas virtuales - VPN. MPLS, ofrece muchos servicios como las mencionadas Ingeniería de Tráfico, protección de tráfico VPNs de Capa 3, y VPNs de Capa 2.

Es llamado como Multiprotocolo debido a que es capaz de trabajar con IP, ATM,



Frame Relay entre otros protocolos. Además para permitir la compatibilidad con el servicio tradicional de TDM y ATM utiliza *Pseudowire* (PW).

Por todas estas características presentes en MPLS, permite a los proveedores de servicio, implementar redes altamente confiables, además de ofrecer a los clientes IP servicios diferenciados en función de la calidad de servicio.

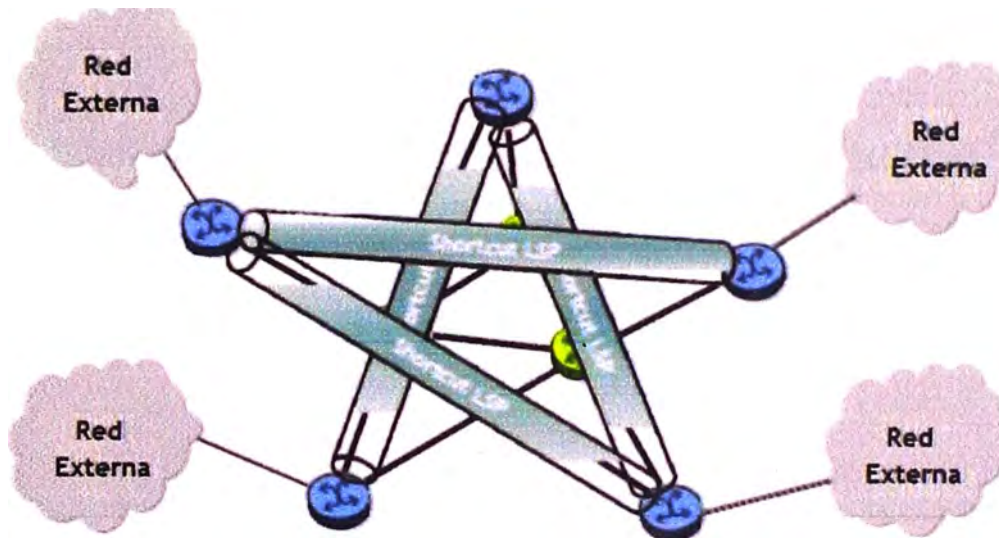
Los caminos que MPLS genera son conocidos como LSPs (*Label Switched Path*) que provee un mecanismo de administrar el tráfico de la red, independientemente de las tablas de enrutamiento.

### 3.2.1. Aplicaciones de MPLS

A continuación serán descritas brevemente.

#### a. Shortcuts LSP

Mediante esta aplicación un proveedor de servicios puede reducir el requerimiento de intercambio de sesiones iBGP (iBGP "*Internal BGP*") en malla completa. Los LSPs y las sesiones de intercambio en malla iBGP se dan entre los Routers de frontera (EBGP - *Edge BGP Routers*), es decir aquellos que se comunican con otro sistema autónomo.



**Figura 3.1.-** Representación de LSPs.

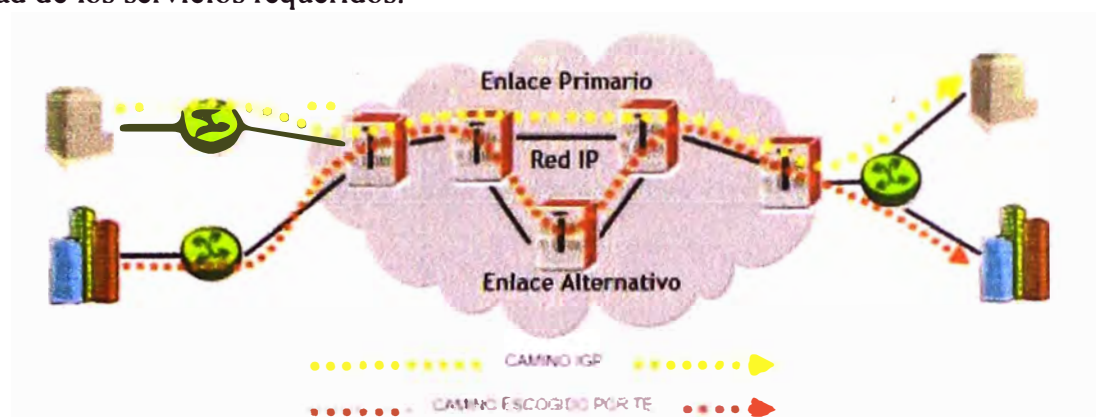
Los Routers Edge BGP a continuación, se definen como el siguiente salto en el extremo del LSP y envía el flujo de datos a través de un túnel hacia el otro extremo del túnel, es por esto que los enrutadores Core no realizan ningún intercambio de información IP, y tampoco participan en el intercambio de iBGP, como se muestra en la *Figura 3.1.*

El protocolo BGP no formara parte del estudio en el presente proyecto.

#### b. Ingeniería de Tráfico – TE: Traffic Engineering

Los protocolos de enrutamiento IP son incapaces de seleccionar la mejor ruta basándose en la utilización de la red, es por esta razón que la selección se la realiza con el menor costo, que por lo general conlleva a la hiper-agregación de flujos de tráfico sobre el mismo enlace.

Debido a que el envío de paquetes en una red MPLS no se lleva de salto en salto, las rutas alternativas a través de la red pueden ser creadas según se requieran. Con esto además de aliviar la congestión de los enlaces sobrecargados de tráfico, los caminos enrutados alternativamente se pueden utilizar para satisfacer otras limitaciones, como la calidad de los servicios requeridos.



**Figura 3.2.-** Representación de Ingeniería de Tráfico en una red MPLS

### c. Alta disponibilidad y redundancia

Además también tiene la facultad de establecer caminos alternativos para proveer servicios con alta disponibilidad, además de poder habilitar “*fast reroute*” para que la red se adapte rápidamente a cualquier cambio. Esto podemos apreciarlo en la *Figura 3.2* el segundo camino es previamente establecido por lo que el tiempo de convergencia es menor.

### d. Servicios VPNs



**Figura 3.3.-** Representación de Servicios VPNs en una red MPLS.

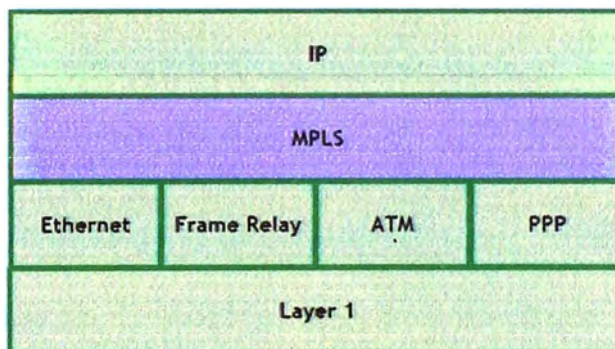
Como todos los datos de una red MPLS son transportados en túneles LSPs, MPLS provee una base ideal para la construcción de VPNs (*Virtual Private Networks*). El tráfico del cliente es identificado cuando entra en la red del proveedor de servicio y se asigna a un LSP apropiado a través de la red. En el lado de frontera al otro extremo del LSP, los datos son entregados al cliente correspondiente.

Esta configuración permite a un proveedor de servicios para utilizar una infraestructura común para varios clientes, manteniendo una separación completa entre los clientes, como se muestra en la *Figura 3.3*. Puesto que los datos del cliente se encapsulan en un paquete de MPLS marcado, el tipo de paquete y su direccionamiento es irrelevante. Así, MPLS puede utilizarse para VPNs de capa 3 que aparecen como una red direccionada al cliente, así como los enlaces virtuales VPN de capa 2. Estos servicios serán tratados en el Capítulo 4.

### 3.3. Estructura y Operación de las Etiquetas MPLS

#### 3.3.1 MPLS y el modelo OSI

MPLS logra integrarse perfectamente al modelo OSI trabajando, en la mitad de la capa dos y tres, es decir se coloca entre la capa de enlace y de red tal como se muestra en la *Figura 3.4*:



**Figura 3.4.-** Integración de MPLS en el modelo OSI.

MPLS es compatible con los siguientes protocolos de enlace, con los siguientes códigos hexadecimales identificadores:

-Ethernet - Ethernet Type Code 0x8847.

-Cisco High-level Data Link Control (HDLC) - Ethernet Type Code 0x8847.

-Generic Routing Encapsulation (GRE) tunnel - Ethernet Type Code 0x8847.

-Point-to-Point Protocol (PPP) - Protocol ID 0x0281, Network Control Protocol (NCP) protocol ID 0x8281.

-*Asynchronous Transfer Mode (ATM) - Subnetwork attachment point encoded (SNAP-encoded) Ethernet Type Code 0x8847.* Soporta tanto de punto a punto como el modo

*Nonbroadcast Multiaccess NBMA (modo multiacceso de no difusión).*

*-Frame Relay - SNAP-encoded, Ethernet type 0x8847.*

### 3.3.2 Etiqueta MPLS

Las etiquetas MPLS son identificadores de conexión que sólo tiene significado local y que establece una correspondencia entre el tráfico y un FEC (*Forward Equivalence Class*) específico. Esta etiqueta es un valor corto y de tamaño fijo transportado en la cabecera del paquete para identificar un FEC, que es un conjunto de paquetes que son reenviados sobre el mismo camino a través de la red, inclusive si sus destinos finales son diferentes.

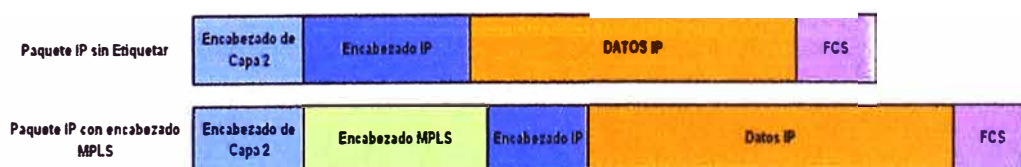
Esta etiqueta se asigna al paquete basándose en su dirección de destino, así como los parámetros de tipo de servicio o la pertenencia a una VPN. Cuando MPLS está implementado como una solución IP pura o de nivel 3, que es la más habitual, la etiqueta es un segmento de información añadido al comienzo del paquete y son colocadas a cada paquete al ingreso o inicio de la red MPLS, y eliminadas al egreso o al final de esta red.

El núcleo de la red simplemente lee las etiquetas, le aplica una serie de servicios apropiados, y envía los paquetes. Este etiquetado MPLS y esquema de envío, ofrece la habilidad para controlar el enrutamiento basado en direcciones origen y destino, permitiendo fácilmente la introducción de nuevas implementaciones de servicios IP.

Una mayor clasificación de los paquetes de ingreso se puede realizar basada en otros parámetros diferentes a la dirección IP de destino, como la dirección IP de origen, el puerto o la interfaz, QoS, políticas administrativas y otras.

Se puede definir a un paquete etiquetado como un paquete en el cual una etiqueta MPLS ha sido insertada; para esto se usan dos técnicas:

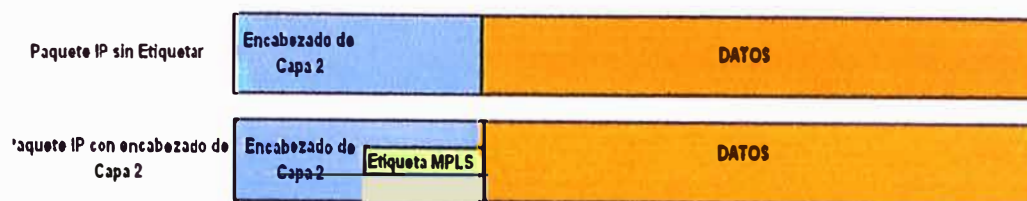
**-Frame Mode.-** La cabecera de MPLS es adicionada a la trama conteniendo la etiqueta MPLS y otra información. Los valores de MPLS son transportados en un encabezado MPLS específico, como se muestra en la *Figura 3.5*



**Figura 3.5.-** Implementación tipo Frame Mode de Etiquetas MPLS.

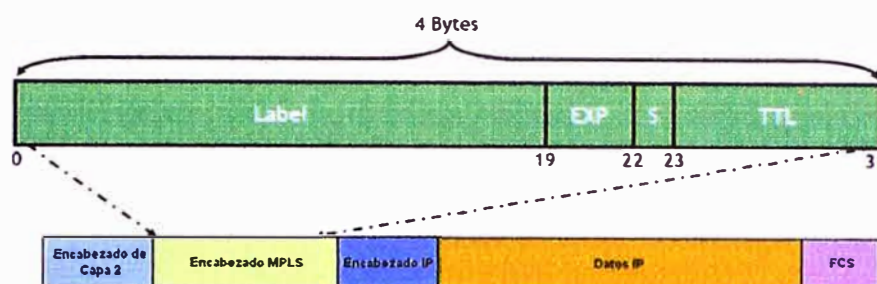
**-Cell Mode.-** En el caso de ATM o Frame Relay, la construcción de la etiqueta se basa en la asignación del ID de circuito en la cabecera de la capa de enlace de datos existente [10. Las etiquetas MPLS son transportadas en el encabezado de la capa 2 (Por ejemplo de ATM y Frame Relay). Esto se lo puede apreciar en la *Figura 3.6*.





**Figura 3.6.-** Implementación tipo Cell Mode de Etiquetas MPLS.

El encabezado MPLS, se ubica en la trama entre los encabezados de capa 2 (por ejemplo Ethernet) y capa 3 (por ejemplo IP). La cabecera genérica de MPLS está compuesta por 32 bits o 4 Bytes los cuales como se observa en la *Figura 3.7* se reparten en:



**Figura 3.7.-** Encabezado MPLS.

**-Label (etiqueta):** 20 bits para la etiqueta MPLS y sirve para identificar una FEC y puede tomar los siguientes valores:

**\*0:** Representa la etiqueta explícita nula (*NULL*). Esta etiqueta se encuentra en caso de que sea la única entrada en la pila de etiquetas y el paquete es reenviado basándose en la cabecera del paquete IPv4.

**\*1:** Representa la etiqueta de alerta del enrutador y no puede estar en el último lugar de la pila de etiquetas.

**\*2:** Representa la etiqueta explícita nula IPv6. Es igual que el primer caso excepto que se reenvía el paquete basándose en la cabecera IPv6.

**\*3:** Representa la etiqueta implícita *NULL*.

**\*4-15:** Valores reservados.

**-EXP (experimental):** anteriormente llamado CoS, para identificar la clase de servicio se utilizan 3 bits.

**-S (stack):** sirve para poder apilar etiquetas de forma jerárquica. Toma el valor de 1 en la etiqueta que se encuentra en la cima de la pila y 0 para el resto de etiquetas.

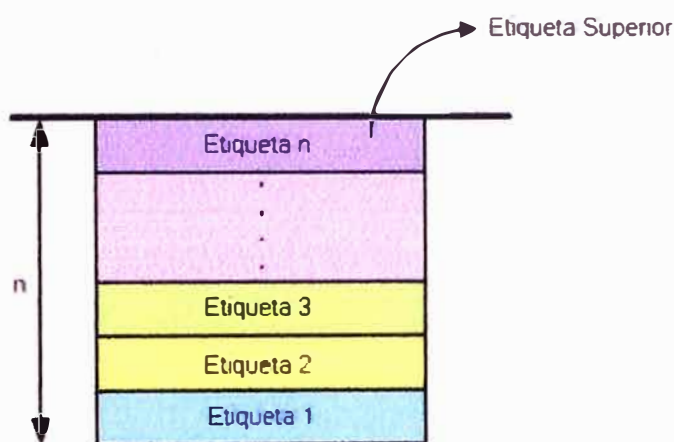
**-TTL (time-to-live):** 8 bits para indicar el tiempo de vida que sustenta la funcionalidad estándar TTL de las redes IP.

Como la etiqueta posee un tamaño fijo, las operaciones con los paquetes son mucho

más simples y veloces que con el envío convencional IP. La técnica de codificación implementada por el encabezado de MPLS algunas veces es referida al *frame mode* de MPLS.

### 3.3.3. Pila de Etiquetas

Un paquete etiquetado puede transportar algunas etiquetas organizadas de forma jerárquica en una pila, que recibe el nombre de “pila de etiquetas”. Las etiquetas se anidan en el paquete formando una pila con funcionamiento *Last-In First-Out* (LIFO), como se indica en la *Figura 3.8*. El procesamiento está siempre basado en la etiqueta superior, un paquete sin etiquetar se puede ver como un paquete con la pila de etiquetas vacía.



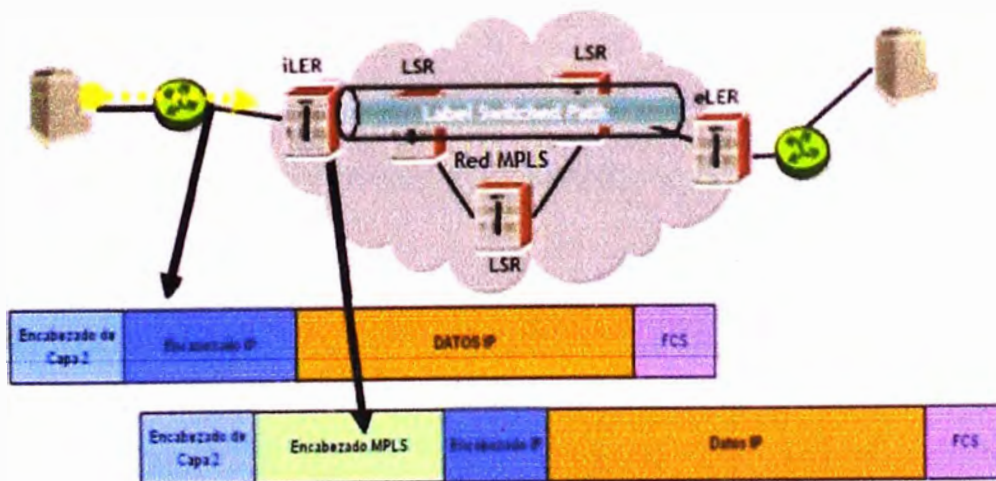
**Figura 3. 8.-** Pila de Etiquetas con funcionamiento LIFO

### 3.3.4. Operaciones con etiquetas

En MPLS se produce 3 operaciones básicas con las etiquetas que son:

#### a. PUSH

-Llamado así a la Imposición o asignación de etiqueta. En esta operación, un encabezado MPLS es insertado en un paquete IP, como se aprecia en la *Figura 3.9*.



**Figura 3.9.-** Operación PUSH de la Etiqueta MPLS.

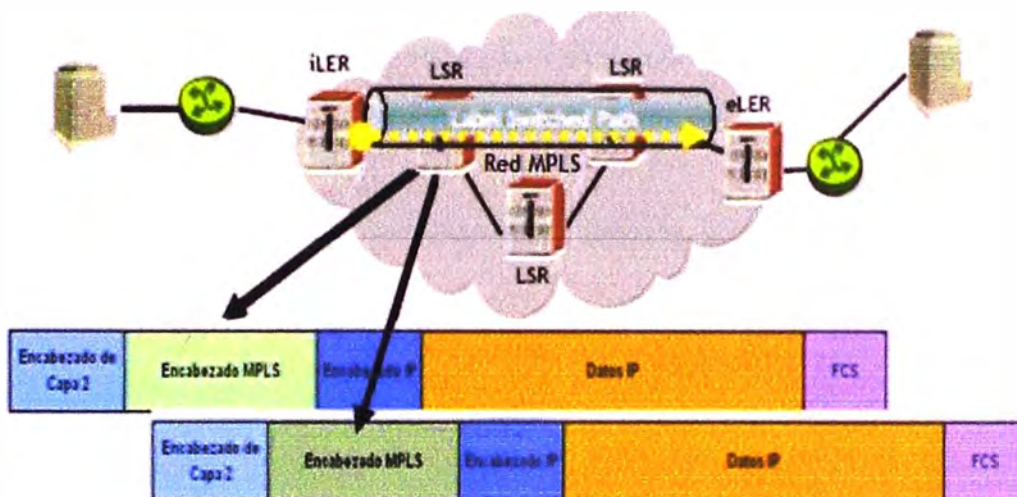
-Un paquete IP sin etiquetar llega a la interfaz de un iLER (el router en el inicio de un LSP es llamado Router Etiquetador de Borde de ingreso - *ingress Label Edge Router*) es decir a la frontera del dominio MPLS.

-Una búsqueda de enrutamiento es realizado y se determina que el paquete debe ser enviado dentro del dominio MPLS, ya que una etiqueta de MPLS se asocia a la interfaz de salida.

-El iLER debe insertar un encabezado MPLS (conteniendo la etiqueta) en el paquete IP actual antes de enviarlo dentro del dominio MPLS.

### b. SWAP

-Llamado así al intercambio de etiqueta. En esta operación la etiqueta es reemplazada en la cabecera MPLS en la parte superior de la pila de etiquetas con un nuevo valor de etiqueta, como se puede apreciar en la *Figura 3.10*.



**Figura 3.10.-** Operación SWAP de la Etiqueta MPLS.

-Un paquete IP etiquetado llega a una interfaz de un LSR del dominio MPLS.

Se realiza una búsqueda en la etiqueta y en la interfaz de ingreso, y una nueva cabecera es asignada al paquete para enviarlo a través del dominio MPLS.

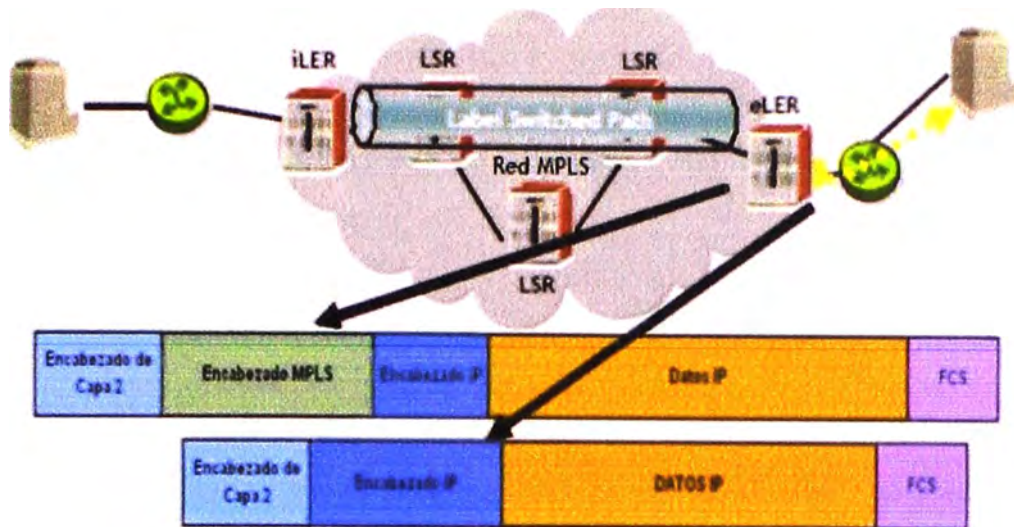
-El LSR (los routers en los puntos intermedios a lo largo del LSP entre el iLER y el eLER es llamado Router Conmutador de Etiquetas - *Label Switching Router*) debe reemplazar el valor de la etiqueta por uno nuevo en el paquete entrante antes de enviarlo al siguiente LSR.

-Este proceso se repite una y otra vez, en cada LSR a lo largo de cada LSR que posea el dominio MPLS.

### c. POP

-Llamado así al retiro o extracción de la etiqueta. En esta operación la etiqueta es removida

de la pila de etiquetas, como se aprecia en la *Figura 3.11*.



**Figura 3.11.-** Operación POP de la Etiqueta MPLS.

-Un paquete IP etiquetado llega a la interfaz de un eLER (el router en el final de un LSP es llamado Router Etiquetador de Borde de egreso - *egress Label Edge Router*) en la frontera del dominio MPLS.

-Cuando se realiza la búsqueda se determina que el paquete debe ser enviado fuera del dominio MPLS, ya que ninguna etiqueta MPLS es asociada a la interfaz de egreso.

-El eLER debe remover la cabecera MPLS del paquete y enviar tan sólo paquetes sin etiquetar fuera del dominio MPLS.

### 3.3.5. Los Routers de una red MPLS

#### a. LER

-Un Router de Etiqueta de Borde – LER (*Label Edge Router*), es un dispositivo que se encuentra en el borde de una red MPLS, con al menos una interfaz fuera del dominio MPLS. Un router se define generalmente como un LER basado sobre su posición relativa a un LSP particular. El router MPLS en el extremo inicial o de entrada de un LSP se llama la LER de ingreso o iLER (*ingress LER*). El router MPLS en el extremo final o de salida de un LSP se llama la LER de egreso eLER (*egress LER*).

-Los dispositivos iLER reciben los paquetes sin etiquetar desde fuera del dominio MPLS, así mismo aplican a los paquetes la etiqueta MPLS y los envían dentro del dominio MPLS. Por otro lado los eLER reciben los paquetes etiquetados que llegan desde el dominio MPLS, para luego remover las etiquetas y enviar los paquetes sin etiquetar fuera del dominio MPLS.

#### b. LSR



-Un Router Conmutador de Etiquetas - LSR (*Label Switching Router*) es un dispositivo interno de una red MPLS, con todas las interfaces dentro del dominio MPLS. Estos dispositivos Conmutan los paquetes etiquetados dentro del dominio MPLS. En el núcleo de Red, los LSR ignoran la cabecera del paquete de la capa de red (IP) y simplifica el envío del paquete usando el mecanismo MPLS de intercambio de etiquetas.

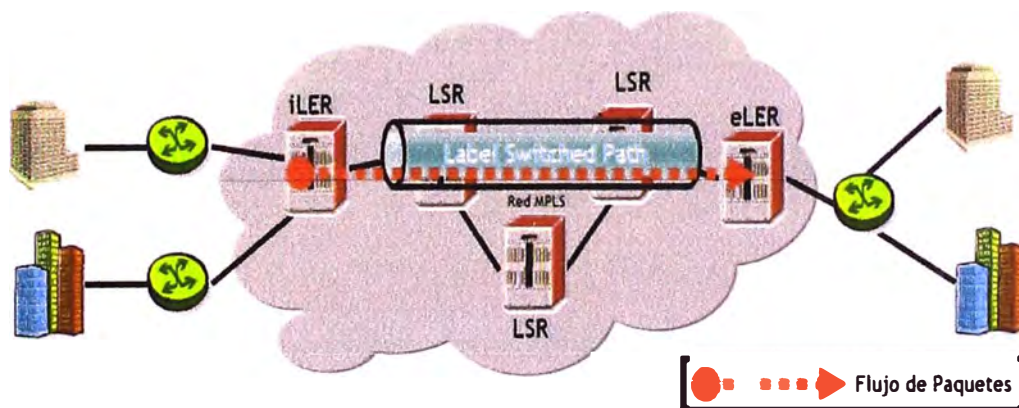
Los Routers MPLS a lo largo de un LSP, realizan las siguientes tareas:

-El iLER encapsula los paquetes con una cabecera MPLS y envía esta al siguiente router a lo largo del LSP. Un LSP puede tener solo un Router de ingreso iLER.

-Un LSR puede ser cualquier router intermedio en la red del proveedor de servicio MPLS entre el iLER y el eLER. Un router de tránsito intercambia la etiqueta entrante con la etiqueta MPLS saliente y envía los paquetes MPLS que recibe al siguiente router a lo largo del LSP. Un LSP solo puede contener un iLER y un eLER sin tránsito de LSRs entre ellos, o estos pueden contener hasta 253 LSRs de tránsito entre ellos.

-El eLER quita la cabecera MPLS, que cambia de un paquete MPLS a un paquete de datos IP, y envía los paquetes a su destino final usando información en la tabla de envío. Cada LSP puede tener solo un eLER.

-Los Routers de ingreso y egreso en un LSP no pueden ser el mismo router. Un router MPLS en cualquier red puede actuar o desempeñarse como un iLER, eLER, o un LSR de tránsito para uno o más LSPs, dependiendo de la topología de la red.



**Figura 3.12.-** LSP con los Routers iLER, eLER y LSR

### 3.3.6 Tablas en una Red MPLS

Cuando a un router se habilita el protocolo MPLS, este posee múltiples tablas, a continuación se definen las más importantes.

FIB y LFIB son usadas para el envío de paquetes.

**Tabla 3.1.-** Tablas en una red MPLS.

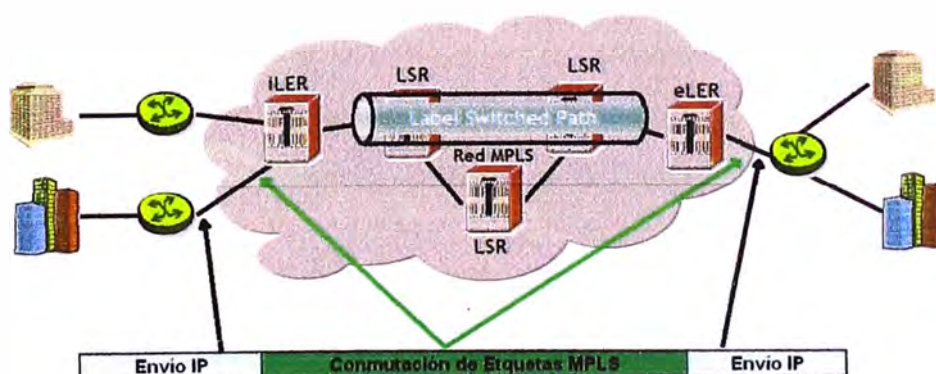
NOMBRE	CONTENIDO	DESCRIPCION
<b>RIB</b> <i>Routing Information Base</i>	Actualizaciones de enrutamiento recibidas	Intercambio de protocolos de enrutamiento – Cada protocolo tiene su propio RIB enrutamiento
<b>FIB</b> <i>Forwarding Information Base</i>	Rutas activas	Selecciona las rutas activas de todos los protocolos con “mejores rutas”
<b>LIB</b> <i>Label Information Base</i>	Etiquetas MPLS recibidas y localmente generadas	Intercambio de etiquetas MPLS
<b>LFIB</b> <i>Label Forwarding Information Base</i>	Etiquetas usadas por el LSR	Las etiquetas asignadas a las rutas activas (para cada nuevo salto)

### 3.4 Señalización de Etiquetas y Tipos de LSP

#### 3.4.1 LSP

Un camino conmutado de etiqueta LSP (*Label Switched Path*), es un camino unidireccional lógico a través de un dominio MPLS que es seguido por todos los paquetes asociados a un FEC específico. Los LSP son unidireccionales por naturaleza. Además los LSP son funcionalmente equivalentes a un circuito virtual (VC – *Virtual Circuit*) de ATM o Frame Relay.

Este camino *end-to-end* entre dos sistemas, parte de la red total puede pertenecer a una red IP tradicional y otra parte a un dominio MPLS, como se aprecia en la *Figura 3.13*. Lógicamente, donde no se encuentre soportado MPLS, los métodos de envío IP son utilizados.

**Figura 3.13.-** LSP en un dominio MPLS

Para realizar el establecimiento de un LSP, es necesario distribuir las etiquetas para el camino. Las etiquetas siempre son distribuidas por un router *downstream* en dirección *upstream* (Esto se lo hace en base a la dirección del flujo de datos). Para la distribución de etiquetas hay un sinnúmero de protocolos:

- LDP
- RSVP – TE
- Targeted* LDP

La definición y características de estos protocolos se los ahondará más adelante.

### 3.4.2 Señalización y Distribución de Etiquetas

La arquitectura MPLS no asume un solo protocolo de Distribución de Etiquetas. En algunas implementaciones, los protocolos existentes se han ampliado de manera que los procedimientos de distribución de etiquetas pueden ser transportados en ellos. Los nuevos protocolos también se han definido para el propósito explícito de distribución de etiquetas.

El administrador de la red MPLS tiene muchas opciones a su alcance en función de los protocolos soportados por el hardware, y el comportamiento de red deseado.

Al igual que en el enrutamiento estático, los procedimientos manuales son posibles para la asignación y distribución de etiquetas MPLS.

Los nuevos protocolos se han definido para el propósito explícito de distribución de etiquetas, tales como el Protocolo de distribución de etiquetas – LDP (*Label Distribution Protocol*).

Los protocolos existentes se han modificado y ampliado con capacidades adicionales para que la etiqueta de distribución pueda ser transportada en ellos, tales como el Protocolo de Reserva de Recursos para la Ingeniería de Tráfico - RSVP-TE (*Resource Reservation Protocol for Traffic Engineering*)

Ciertos protocolos han sido extendidos, tanto que los procedimientos de distribución pueden ser llevados en ellos (RSVP – TE). Así mismo también, nuevos protocolos han sido creados explícitamente para la distribución de etiquetas (LDP). Muy similar al enrutamiento estático, son posibles procedimientos manuales para la asignación y distribución de etiquetas.

### 3.4.3 LSPs Estáticos

Los LSPs estático se especifican mediante una definición administrativa de una ruta estática. El rol de los routers en la red MPLS, ya sea como de ingreso iLER, egreso eLER y de tránsito LSR, se deben configurar manualmente con las etiquetas para cada LSP (por

FEC). Cabe recordar que un LSP es unidireccional, por lo que de hecho que se necesitará de dos LSPs para llevar a cabo un flujo de tráfico bidireccional.

La ventaja de un LSP estático, es que no se necesitan de los protocolos dinámicos de señalización de etiquetas. En caso de que la topología de la red o las preferencias administrativas cambien, el mantenimiento de los LSPs estáticos se convierte únicamente en una tarea administrativa.

#### 3.4.4 LSPs Señalizados

Los LSPs señalizados son establecidos dinámicamente usando un protocolo de señalización tal como LDP o RSVP-TE. Los operadores de la red están obligados a configurar los router MPLS ya sea con el protocolo LDP o RSVP-TE, para señalar dinámicamente la selección de ruta y la distribución de los enlaces o vínculos de etiquetas para la asignación de las mismas en los LSRs

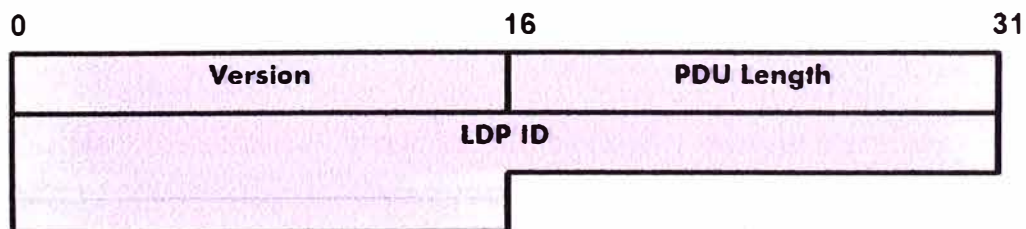
Existen múltiples opciones disponibles para la configuración de LSP señalizadas. Sin embargo, el requisito básico para que la señalización se produzca, es el establecimiento de la topología de enrutamiento IGP través del dominio del proveedor de servicio.

### 3.5 Label Distribution Protocol - LDP

El Protocolo de Distribución de Etiquetas - LDP es un protocolo definido para la distribución de etiquetas basado en la RFC 3036.

Los routers configurados para el protocolo LDP, establecerán sesiones LDP entre ellos y se convertirán en compañeros o peers. Las sesiones LDP permiten el intercambio de etiquetas y de la información vinculante (mapeo) de las FEC.

Toda unidad de datos de protocolo – PDU (*Protocol Data Unit*) del LDP, es una cabecera seguida por uno o más mensajes LDP, como podemos apreciar en la *Figura 3.14*. La cabecera de LDP contiene los siguientes campos:



**Figura 3.14.-** Cabecera de PDU del LDP.

#### a. Version:

Contiene la información de la versión del protocolo y se le asigna dos octetos.

#### b. PDU Length:

Es compuesto por dos octetos, especificando la longitud total en octetos de este PDU,

excluyendo los campos de *Version* y *PDU Length*. La máxima longitud PDU permitida es negociable cuando se inicializa una sesión LDP. Antes de completar la negociación, la máxima longitud permitida es 4096 byte.

### c. LDP ID:

Está compuesto por seis octetos, donde identifica de forma exclusiva a la etiqueta del LSR que está enviando, para el cual el PDU aplica. Los primeros cuatro octetos identifican al LSR y deberán ser un valor único global. Debe ser una ID de router de 32-bits asignado a la LSR y usado para identificar este en la detección de *loops* de los vectores de ruta. Los dos octetos restantes identifican a la etiqueta con el LSR. Notar que no se necesita de la alineación del primer octeto del PDU.

### 3.5.1 Categorías de Mensajes LDP

LDP utiliza tanto TCP como UDP para los servicios de Transporte. Se usa UDP para los mensajes *Discovery*. Se usa TCP para los mensajes de establecimiento de sesión, *Advertisement* y *notification*. A continuación se detallan estas cuatro categorías de mensajes LDP.

**Discovery.-** Los mensajes de descubrimiento Periódicamente anuncian y mantienen la presencia de un LSR en una red. El LSR a través de mensajes periódicos de saludo (*hello*) anuncia su presencia en la red, estos son transmitidos como un paquete UDP, mientras que cuando se establece un nuevo período de sesiones, el mensaje de saludo es enviado a través de TCP. Todos los demás mensajes se envían a través de TCP.

**Session.-** Los mensajes de sesión establecen, mantienen y finalizan las sesiones entre pares LDP. Una vez establecida los mensajes usan TCP. Estos mensajes sirven para fijar la versión del protocolo, el método de distribución de etiquetas, los valores de los temporizadores, así como la definición de rangos de etiquetas.

**Advertisement.-** Los mensajes de Anuncio crean, cambian y borran las asignaciones de las etiquetas para las FECs.

**Notification.-** Los mensajes de notificación son usados para señalar errores e información de avisos, existe dos tipos de mensajes de notificación:

1. Error Fatal, da por terminada la sesión.
2. Notificaciones de asesoramiento, las cuales se utilizan para pasar al LSR información sobre la sesión o el estado de algún mensaje anterior recibido.

La siguiente Tabla 3.2 proporciona una lista de todos los diferentes tipos de mensajes LDP.

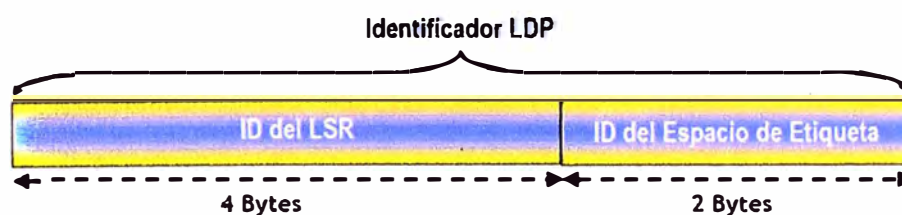


**Tabla 3.2.- Mensajes LDP.**

TIPO	NOMBRE	FUNCIÓN
0X0001	<i>Notification</i>	Señales de error y otros eventos
0X0100	<i>Hello</i>	Anuncia la presencia de un LSR
0X0200	<i>Initialization</i>	Inicia el proceso de establecimiento de la sesión
0X0201	<i>KeepAlive</i>	Monitorea la integridad de la sesión LDP
0X0300	<i>Address</i>	Publica las direcciones de una interfaz a un enrutador con LDP
0X0301	<i>Address Withdraw</i>	Retira una interfaz previamente publicada
0X0400	<i>Label Mapping</i>	Publica una etiqueta de un FEC perteneciente a un enrutador con LDP
0X0401	<i>Label Request</i>	Solicita una etiqueta de un FEC perteneciente a un enrutador con LDP
0X0402	<i>Label Withdraw</i>	Retira señales previamente publicadas que no serán usadas
0X0403	<i>Label Release</i>	Libera señales que el LSR no necesita más, específicamente de etiquetas de FEC que previamente haya sido requerido por el enrutador.
0X0404	<i>Label Abort Request</i>	Anula un mensaje específico de Request
0X3E00 - 0x3EFF	<i>Vendor Private</i>	Usado para transmitir información de un proveedor privado entre LSRs
0X3F00 - 0X3FFF	<i>Experimental</i>	Extensión experimental LDP

### 3.5.2 Identificador LDP

Por su denominación en inglés LDP *Identifier*, es un campo de 6 bytes usado para reconocer el espacio de la etiqueta de un LSR, como se aprecia en la *Figura 3.15*.

**Figura 3.15.- Identificador LDP**

Los primeros cuatro octetos identifican el LSR y deben ser un valor globalmente único (Típicamente la dirección IP).

Los dos últimos octetos identifican un espacio de etiquetas específico dentro del LSR.

Para espacios de etiquetas amplios, los dos últimos bytes del identificador son seteados en cero, por ejemplo: 10.1.1.1:0.

### 3.5.3 Descubrimiento de Vecinos LDP

Por su denominación en inglés *LDP Discovery*, es un mecanismo que permite a un LSR descubrir potenciales pares LDP. Periódicamente los LSRs anuncian su presencia en una red mediante el envío de mensajes *Hello* a través de las interfaces en las cuales esté habilitado LDP a través de la dirección multicast 224.0.0.2. Esto quiere decir, que la recepción de un enlace *Hello* LDP en una interfaz identifica una adyacencia Hello con un potencial par o compañero LDP, accesible a nivel de enlace en la interfaz.

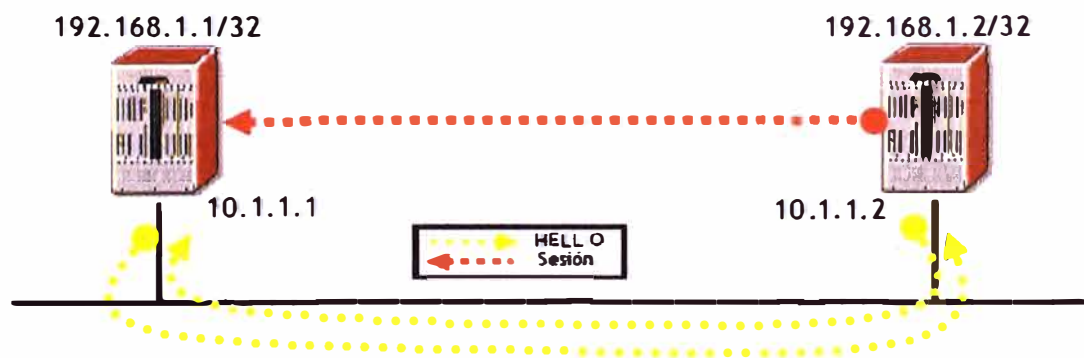


**Figura 3.16.-** LDP *Discovery* y la adyacencia de enlace producida por *Hello*

Este descubrimiento hace innecesario configurar manualmente (de forma explícita) los pares LSR para la conmutación de etiquetas.

### 3.5.4 Establecimiento de Sesión LDP

Por su denominación en inglés *LDP Session Establishment*. El primer paso en el establecimiento de un vecino LDP es la generación de un mensaje *Hello* en todas las interfaces habilitadas para LDP.



**Figura 3.17.-** Establecimiento de sesión LDP, generación de mensajes *Hello*.



La recepción de un *Hello* desde otro dispositivo identifica un potencial de par LDP.

Es decir el primer paso del establecimiento de sesión LDP, es el envío y recepción de los mensajes *Hello* a través de todas las interfaces en las cuales se encuentre habilitado LDP. La sesión se establece en 2 pasos:

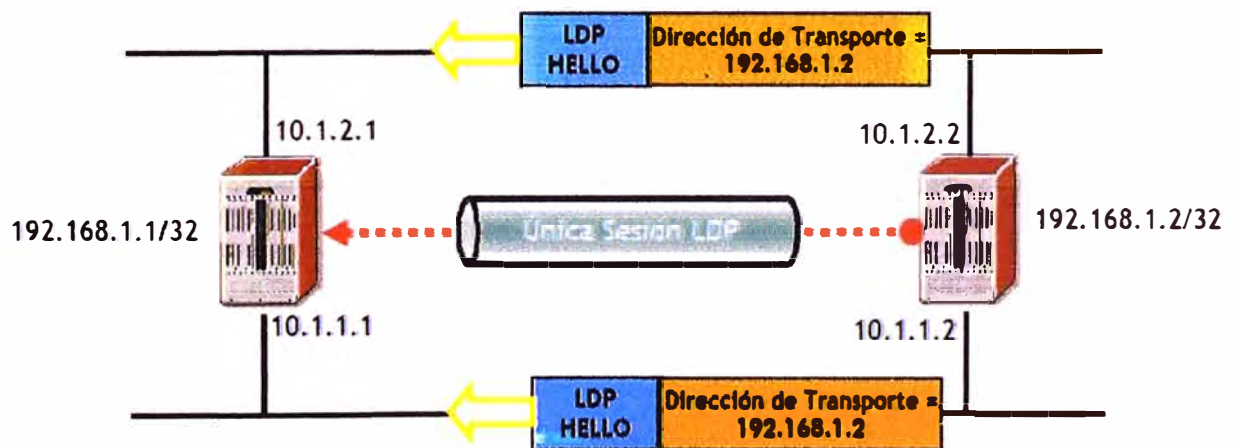
#### a. Establecimiento de la conexión de Transporte

El equipo con la dirección de transporte más alta será el dispositivo activo en el intercambio, por lo tanto, el otro equipo asume un rol pasivo. El equipo activo intentará establecer una sesión TCP con el dispositivo pasivo, iniciando una conexión TCP usando el puerto 646, que define a LDP. El dispositivo pasivo espera por la conexión LDP TCP que es bien conocida por el puerto LDP.

#### b. Inicialización de la Sesión

Después del establecimiento de la conexión de transporte, los equipos negocian parámetros de sesión mediante el intercambio de mensajes de inicialización LDP. En los parámetros negociados se incluye la versión del protocolo LDP, parámetros de autenticación, valores de los *timers*, entre otros. Si todos los parámetros son compatibles, el resultado es una sesión LDP exitosa.

Si todos los parámetros son compatibles, el resultado es una sesión LDP exitosa. Vale recalcar que la dirección de transporte de un LSR debe ser la misma a través de toda el área donde se vaya anunciar, con esto se asegura que una sola sesión LDP se establezca entre dos LSRs como se muestra en la *Figura 3.18*.



**Figura 3.18.-** Establecimiento de la Sesión LDP.

En la *Tabla 3.3* se resume cada estado de un equipo en una sesión LDP y sus acciones.

**Tabla 3.3.-** Estados de transición de Inicialización de una sesión.

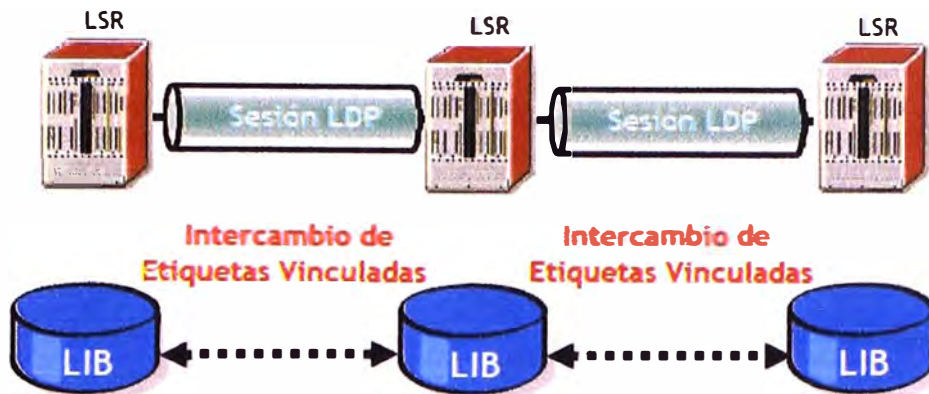
ESTADO	EVENTO	NUEVO ESTADO
<b>NON EXISTENT</b>	Sesión TCP establecida	<b>INITIALIZED</b>
<b>INITIALIZED</b>	Transmisión del mensaje de inicialización (Rol Activo)	<b>OPENSENT</b>
	Aceptable recepción del mensaje de inicialización	<b>OPENREC</b>
	Acción: Transmite Inicialización y mensaje <i>Keepalive</i> y recibe cualquier otro mensaje LDP.	<b>NON EXISTENT</b>
<b>OPENREC</b>	Acción: Transmite mensaje NAK y cierra la conexión de transporte. Recibe mensaje <i>Keepalive</i>	<b>OPERATIONAL</b>
	Recibe cualquier otro mensaje LDP	<b>NON EXISTENT</b>
<b>OPENSENT</b>	Acción: Transmite mensaje NAK y cierra la conexión de transporte. Recibe mensaje de inicialización aceptable	<b>OPENREC</b>
	Acción: Trasmite mensaje <i>Keepalive</i> . Recibe cualquier otro mensaje LDP	<b>NON EXISTENT</b>
<b>OPERATIONAL</b>	Acción: Transmite mensaje NAK y cierra la conexión de transporte. Recibe mensaje <i>shutdown</i>	<b>NON EXISTENT</b>
	Acción: Transmite el mensaje <i>shutdown</i> y cierra la conexión de transporte. Recibe cualquier otro mensaje LDP <i>Timeout</i> .	<b>OPERATIONAL</b>
	Acción: Transmite el mensaje <i>shutdown</i> y cierra la conexión de transporte.	<b>NON EXISTENT</b>

### 3.5.5 Intercambio de Etiquetas en LDP

Por su denominación en inglés LDP *Label Exchange*. LDP establece una sesión separada por espacio de etiqueta publicada por un router. El usuario de los equipos por área del espacio de etiqueta, deberá poseer una sola sesión LDP entre dos equipos pares. Esto permitirá aprender la información de otros equipos en un ambiente LDP.

La sesión LDP permite el intercambio de información como FEC/*label binding* (mapeo). Los *Label Bidings* o Etiquetas vinculadas de otros pares LDP se almacenan en la

base de datos de etiquetas - LIB.



**Figura 3.19.-** Intercambio de Etiquetas en LDP.

### 3.5.6 Razones para la acción de remoción de etiquetas

La etiqueta para un determinado FEC puede ser retirada, y como resultado invalidada, si ocurre cualquiera de las siguientes acciones:

- Por cambios en el MTU, el LDP retira una etiqueta previamente asignada, y vuelve a señalar el FEC con el nuevo MTU en los parámetros de la interfaz.
- Por cambios en la red, esto causa que el router no reconozca a la FEC por la cual generó y publicó una etiqueta.
- Cuando el router es configurado para cesar la generación de etiquetas para determinadas FEC.
- Cuando las etiquetas son borradas (Por configuración).

LDP puede emitir un mensaje de nuevas etiquetas bajo las siguientes condiciones:

- En respuesta de un mensaje de retiro de etiquetas.
- Si LSR opera en modo de retención conservativa, y el nodo del cual recibió la etiqueta no es, o no es más el router de siguiente salto.
- Cuando no existe suficiente memoria para almacenar una etiqueta recibida, la etiqueta es retirada.

### 3.5.7 Señalización LDP

Cada LSR originará, por default, una etiqueta para la dirección de sistema por defecto. Además puede originar una etiqueta para una FEC, de la cual, el siguiente salto puede ser a la vez externo al dominio MPLS, como se muestra en la *Figura 3.20*.

Así mismo, se debe tener en cuenta algo fundamental en el conocimiento de MPLS; para que dicho protocolo converja, tres requisitos son fundamentales:

- Tiempo de detección de fallas.
- Convergencia IGP.

-Convergencia LDP.

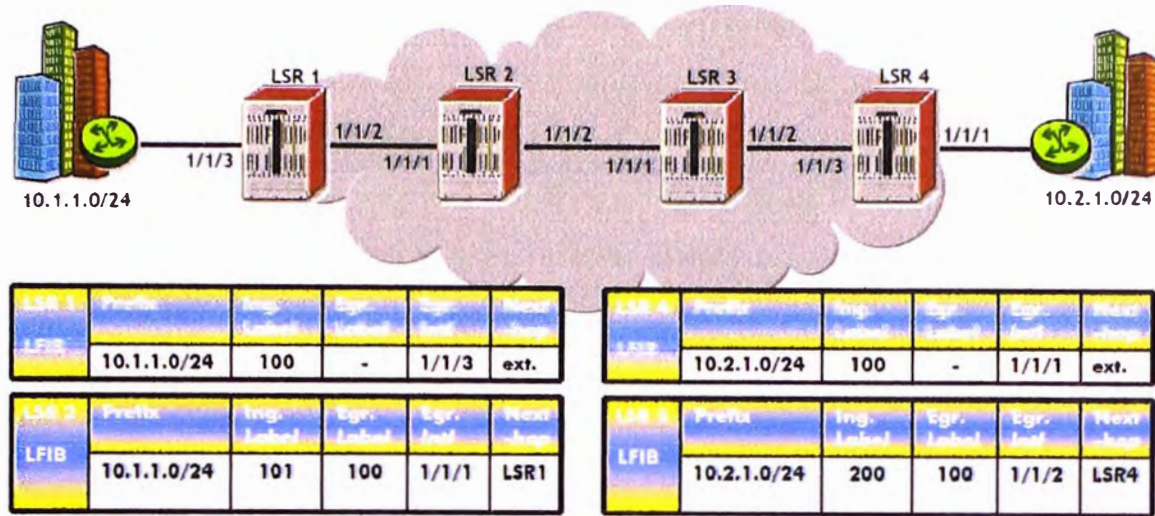


Figura 3.20.- Señalización y convergencia de LDP

### 3.5.8 ECMP para LDP

ECMP por sus siglas en inglés “*Equal Cost Multi – Path*”, es un método de distribución de tráfico hacia múltiples destinos sobre varios caminos equivalentes. Varios protocolos de enrutamiento, tales como OSPF y BGP explícitamente permiten enrutamiento con ECMP. ECMP significa que si existen múltiples rutas con igual costo hacia el mismo destino, pueden ser descubiertas y usadas para proveer un balanceo de carga a través de caminos redundantes.

Este cálculo multitrayecto o Multicamino, produce varios caminos entre origen y destino, y una ruta se selecciona de este conjunto de caminos, para el enrutamiento de paquetes. El enrutamiento Multicamino permite que la carga del tráfico se divida por diferentes caminos (Balanceo de Carga). A fin de preservar el orden de los paquetes enviados por una conexión única con múltiples rutas, un enrutador aplica la función *Hash* para el identificador de conexión (por ejemplo, fuente y la dirección IP de destino) para determinar el siguiente salto.

La función *Hash* proporciona la capacidad para equilibrar la carga entre varios enlaces de salida, mientras que cada conexión selecciona siempre el mismo enlace de salida.

A continuación describiremos LDP con y sin soporte ECMP, como la función Hashing.

#### a. LDP sin soporte ECMP

Existe un único salto válido para alcanzar un FEC por tanto sólo una etiqueta será insertada en la LFIB despreciando el resto de caminos que se pueden tomar para alcanzar dicho FEC. Para el envío de paquetes se lo realiza con la verificación de la tabla de enrutamiento seleccionando el primer LDP válido.



## b. LDP con soporte ECMP

Todos los pares de siguiente salto son válidos, es decir, aquellos que envíen otra etiqueta para la misma FEC, ésta se instalará en el plano de envío. Tanto los LER de ingreso como en los LSR de tránsito, varias etiquetas serán retenidas en el plano envío (LFIB) para el mismo FEC/ prefijo IP de destino; por esto tanto LER como LSR usan el *hashing* para dividir el flujo por varias etiquetas. A cada flujo se le aplica el *hashing* para solo una etiqueta.

## c. Hashing

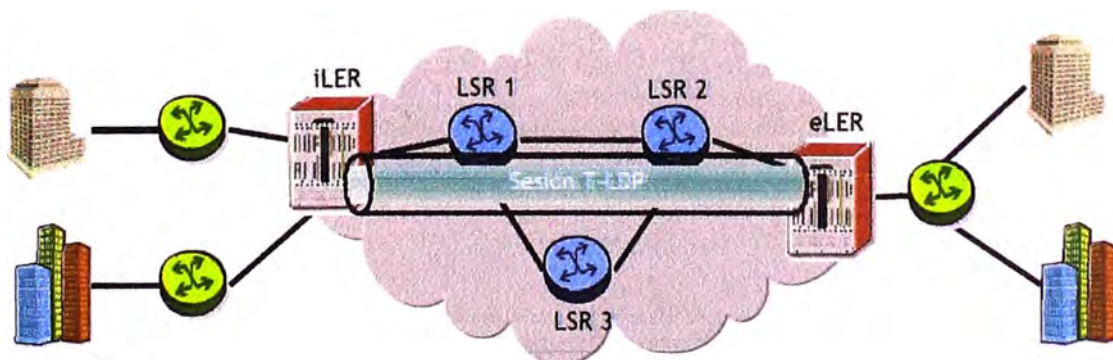
En un LER de ingreso, el *hash* es basado en los sistemas IP y en el puerto de ingreso, así, si un paquete IP tiene una etiqueta vinculante, el origen, destino y el puerto de origen serán usados en el *hashing*.

En los servicios (VPRN, VPLS), otros parámetros como el identificador del servicio, direcciones IP y MAC tanto de origen como destino pueden ser usadas en el *hashing*. De esta forma la etiqueta e interfaz de egreso son determinadas, la etiqueta es ingresada en el proceso *Push*.

En un LSR de tránsito, el proceso inicial es similar, luego la etiqueta entrante del paquete MPLS es usada en el *hash* antes de que esta sea intercambiada. Además, si múltiples etiquetas entrantes están presentes en el encabezado MPLS, todas ellas (con un máximo de 5) son usadas en un algoritmo *hash*.

### 3.5.9 Targeted LDP Sessions (T-LDP)

*Targeted LDP Session* o Sesiones dirigidas de LDP se pueden utilizar para establecer sesiones LDP entre pares que no están directamente conectados. Las sesiones basadas en enlaces podrán aun permanecer entre los LSRs directamente conectados. Las sesiones T-LDP también se pueden establecer entre los dispositivos conectados directamente si se desea.



**Figura 3.21.- Sesión T-LDP entre pares no conectados directamente.**

Las etiquetas de servicios se distribuyen a través sesiones dirigidas LDP (T-LDP), por lo general entre LERs. Esta etiqueta es también conocida como la etiqueta del circuito interno o virtual – VC (*Circuit Virtual*). El Circuito Virtual corresponde a la encapsulación Martini discutido en IETF draft-martini-l2circuit-trans-mpls.

Las etiquetas de servicio se intercambian en Downstream no solicitado - DU (*Downstream Unsolicited*) y el modo se genera en base a la FEC en uso, tal como una dirección IP o el identificador de circuito virtual.

*Targeted* LDP se configuraría en el caso de una implementación de servicio tales como *Epipe*, VPLS (*Virtual Private LAN Service*) u otros.

### 3.6 Mejoras IGP Basadas en Restricciones

#### 3.6.1 Enrutamiento de Protocolos IGP

Los protocolos IGP (*Interior Gateway Protocolos*), son responsables de la distribución de la información de enrutamiento a través del dominio del proveedor de servicios. Todos los destinos en el dominio MPLS debe ser alcanzable en la IGP, y las rutas IGP debe ser optimizado basado en las necesidades de proveedores para aprovechar al máximo cualquier reparto de carga o enlaces redundantes que pueden estar disponibles. Esto es necesario incluso si MPLS no está presente, o como requisito previo a la configuración de MPLS en la red de proveedores.

Se analizará las características, topología y limitaciones de los protocolos de enrutamiento Vector Distancia y Estado de Enlace.

#### a. Vector Distancia

##### a.1 Características

El funcionamiento del protocolo vector distancia se puede resumir en los siguientes puntos:

-Los routers realizan un intercambio directo de sus tablas de enrutamiento, dentro de las limitaciones del horizonte dividido.



**Figura 3.22.-** Intercambio de tablas de enrutamiento del Protocolo Vector distancia.



-Realizan el intercambio de sus tablas de enrutamiento, a través de la dirección de broadcast 255.255.255.255 (Multicast puede utilizarse en casos seleccionados) a todos los hosts.

-Pueden realizar el intercambio de sus tablas de enrutamiento solo a los vecinos directos y periódicamente.

## a.2 Topología

Los routers con el protocolo vector distancia construyen su visión de la red mediante el intercambio de sus tablas de enrutamiento con sus vecinos directos. Ellos sólo reciben actualizaciones de sus vecinos directos, y sólo esas actualizaciones contienen los caminos que se instalaron en la tabla de enrutamiento de sus vecinos, basado en la selección de los vecinos con mejor ruta.

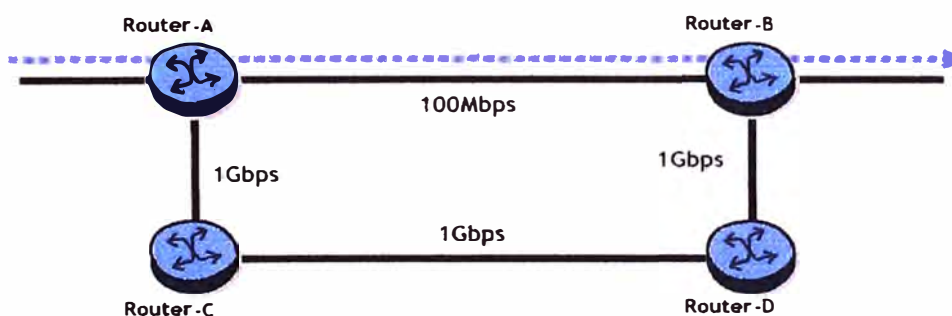
Las actualizaciones de enrutamiento del protocolo Vector Distancia contienen dos parámetros principales que se utilizan para determinar la mejor ruta para llegar a las redes de destino:

-**El vector:** Una medida de la dirección en la cual la red es alcanzable. Se expresa típicamente como una interfaz de salida hacia la red de destino.

-**La distancia:** Una medida de la distancia a que una red se encuentra. Se expresa típicamente como un número de saltos.

## A.3 Limitaciones

Reciben sólo la selección de los vecinos con mejor ruta, limitando la perspectiva de un router con Vector Distancia. Dado que no es consciente de la topología más allá del vecino directamente conectado.



**Figura 3.23.-** Selección de la mejor ruta del Vector Distancia.

Esta es una limitación notable de los routers con Vector Distancia desde la perspectiva de ingeniería de tráfico. Esta falta de visibilidad de la topología de la red más allá de cualquier router conectado directamente, hace que sea imposible para ellos construir un camino de extremo a extremo a través de una red.

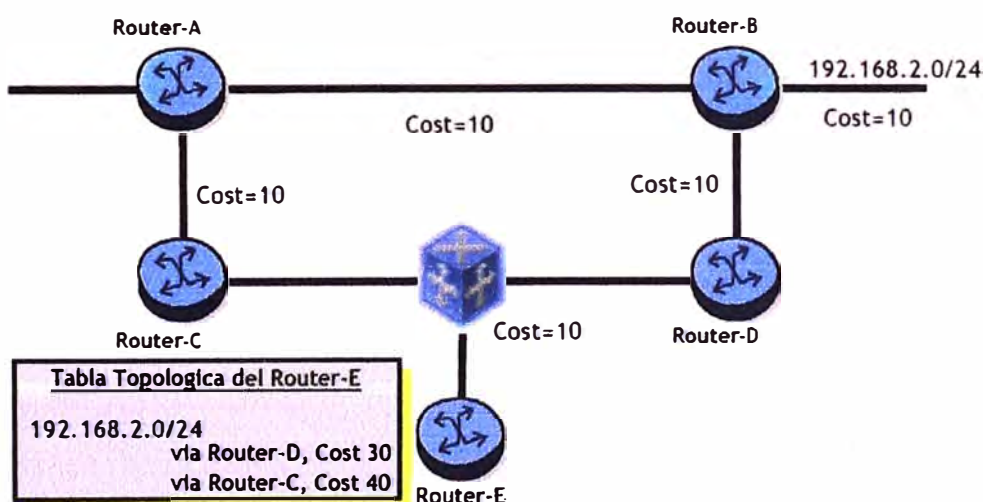
Un factor limitante adicional es la decisión sobre la que realiza la selección de la mejor ruta, que se basa solo en un número de saltos. Esto resulta en una ruta o camino principal que transportara todo el tráfico de datos, mientras que las rutas alternativas pueden ser no utilizadas. Además, la mejor ruta seleccionada puede no reflejar la topología de la red o las preferencias administrativas, como se aprecia en la *Figura 3.23*.

## b. Estado Enlace

### b.1 Características

El funcionamiento genérico del protocolo de Estado de Enlace se puede resumir en los siguientes puntos:

- Información de topología se intercambia a través de toda el área, potencialmente el dominio de enrutamiento completo.
- El horizonte dividido no es un problema.
- La información se intercambia a través de multicast, ya sea en la capa 2 para IS-IS o Capa 3 para OSPF.
- La información de la topología se intercambia con una selección de los vecinos directos. - Algunos routers no intercambian información de enrutamiento entre sí.
- La base de datos de topología completa es inicialmente intercambiada entre routers adyacentes.
- El algoritmo SPF (*Short Path First*) calcula los mejores caminos o rutas, basado en el contenido de la base de datos de la topología.
- Las actualizaciones posteriores son por eventos, lo que resulta en la generación de un paquete de estado de enlace.



**Figura 3.24** Topología de la red basada en métricas de costo.

Las actualizaciones de enrutamiento del protocolo de Estado de Enlace contienen un

parámetro principal que se utiliza para la selección del mejor camino o ruta para llegar a las redes de destino, denominado el Costo. La métrica del costo posee las siguientes características:

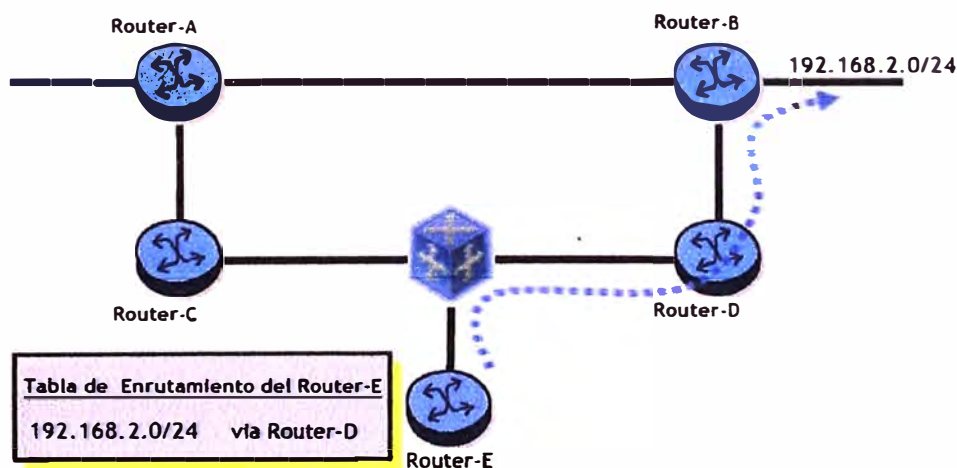
- Una métrica utiliza como una medida el ancho de banda en el camino hacia el destino.
- Representa el valor acumulado de extremo a extremo. Por defecto, OSPF e IS-IS utilizan diferentes implementaciones de la métrica de costo.

La base de datos de la topología o el protocolo de Estado de Enlace de cada router contiene todas las rutas conocidas a cada destino en el dominio de enrutamiento y su coste calculado.

## b.2 Limitaciones

Aunque los routers de estado de enlace son mucho más conscientes de la topología de red, un router de vector de distancia, puede no ser capaz de utilizar esta información. La selección de la ruta se basa en un solo parámetro, el costo.

Esto resulta en una ruta principal o camino principal que transportara todo el tráfico de datos, mientras que los caminos alternativos pueden ser no utilizados. Además, la mejor ruta seleccionada puede que no refleje con precisión las preferencias de tráfico administrativamente deseados.

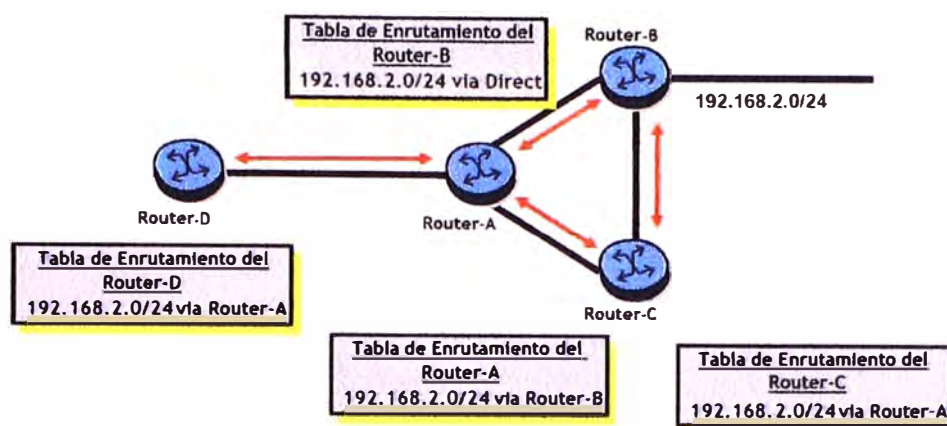


**Figura 3.25.-** Selección de la mejor ruta basada en costo, para el transporte de todo el tráfico.

## b.3 Topología

Los protocolos de Estado de Enlace mantienen una base datos compleja de la información de la topología de la red completa, que fue aprendida por sus vecinos adyacentes. A su vez estos protocolos mantienen una base de datos completa de los router y redes distantes, como se interconectan y el costo entre ellos.





**Figura 3.27.-** Topología de red con las rutas activas instaladas en las tablas de enrutamiento.

#### d. Comparación de Protocolos IGP

En la *Tabla 3.4* se muestra las diferencias y similitudes, en RIPv2, OSPF e IS-IS basada en el comportamiento por defecto. ISIS y OSPF son muy similares en capacidad y funcionamiento. La principal diferencia radica en la forma en que son configurados y optimizados.

Los protocolos de Estado de Enlace mantienen una base de datos de la topología, potencialmente completa del dominio, por lo que son conscientes de la topología de la red un extremo a extremo, a diferencia de sus homólogos de vector distancia.

**Tabla 3.4.-** Comparación de Protocolos IGP.

FUNCION	RIP v2	OSPF	IS-IS
Categoría	Vector Distancia	Estado de Enlace	Estado de Enlace
Actualizaciones	Periódica	Incrementales	Incrementales
Mecanismo de Actualización	Broadcast/ Multicast	Capa 3 Multicast	Capa 2 Multicast
Autenticación	Simple y MD5	Simple y MD6	Simple y MD7
Métrica	Conteo de Saltos	Costo	Costo
Soporta VLSM/CIDR	Si	Si	Si
Tamaño de la Topología	Pequeño	Muy Grande	Muy Grande
Conocimiento de la Topología	Vecinos Directos	Red Completa	Red Completa
Uso de Rutas	NO	NO	NO
Sumarización	Manual	Manual	Manual
Convergencia	Lento	Rápido	Rápido
Conveniente para MPLS-TE	No	Si	Si



Para los fines de aplicación de ingeniería de tráfico de MPLS (*MPLS-TE*), los protocolos que mantienen una topología de la red completa pueden ser considerados confiables para tomar decisiones de enrutamiento.

### 3.6.2 Enrutamiento Basada en Restricciones - CR

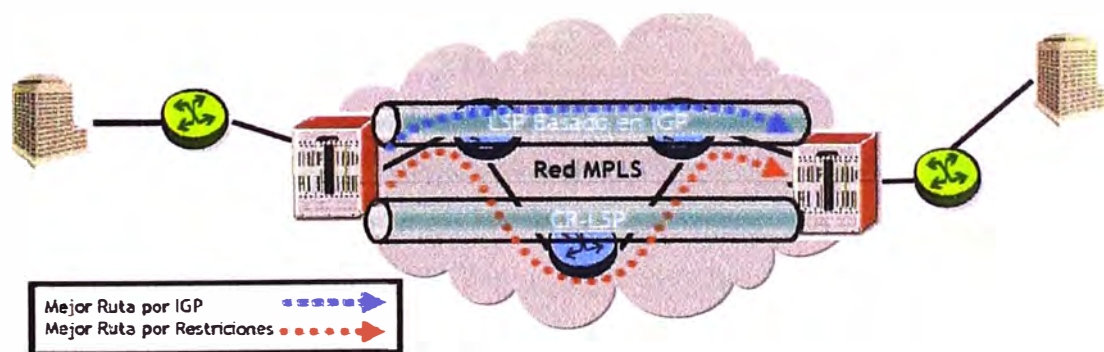
Por su denominación en inglés *Constraint-Based Routing* (CR). Las tecnologías orientadas a caminos tales como MPLS, han hecho que el enrutamiento basado en restricciones sea factible y atractivo en las redes públicas IP.

El Enrutamiento Basado en Restricciones refiere a una clase de sistemas de enrutamiento que calculan las rutas a través de una red sujeta a la satisfacción de un conjunto de requerimientos y restricciones. Los requerimientos y restricciones pueden ser impuestos por la propia red o por las políticas administrativas.

Cuando un protocolo de enrutamiento calcula una ruta que es óptima y está dentro de un conjunto definido de restricciones, esto se conoce como una ruta basado en restricciones.

El algoritmo de enrutamiento tradicional de los protocolos IGP tienen calculado una mejor ruta a través de la red, y señalizara posiblemente un LSP vía esta ruta. El Enrutamiento Basado en Restricciones calcula independientemente una ruta a través del dominio MPLS basado en la información de la topología de la red y otros parámetros definidos administrativamente (Restricciones).

En el establecimiento del LSP en MPLS, generalmente usando RSVP, señalizara el LSP, utilizando esta ruta proporcionada por el algoritmo basado en restricciones. Es decir MPLS establece y señaliza el LSP utilizando el Enrutamiento Basado en Restricciones.



**Figura 3.28.-** LSPs generados por IGP y CR

Este LSP se denomina como el Camino Conmutado de Etiquetas por Enrutamiento basado en Restricciones o CR-LSP (*Constraint-Based Routed Label Switched Path*).

Como se mostró anteriormente, es común que la ruta basada en restricciones sea

diferente a través de la red que la ruta que se seleccionó como la mejor ruta por los protocolos IGP, como se aprecia en la *Figura 3.28*.

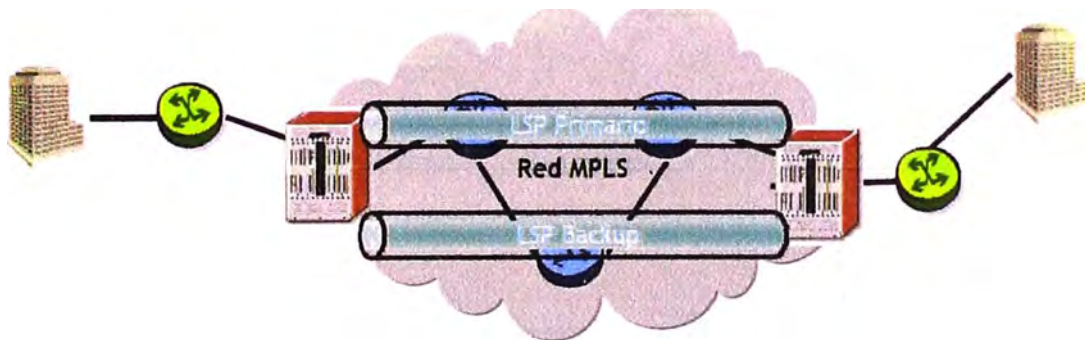
### 3.6.3 CR-LSP

Al igual que cualquier otro LSP, un CR-LSP (*Constraint-Based Routed Label Switched Path*) es un camino a través de una red MPLS.

La diferencia entre estos dos tipos de caminos LSP, se encuentra en que los caminos o rutas tradicionales de IGP son seleccionados en cada salto, basándose exclusivamente en la información de las tablas de la topología IGP, y los LSPs son señalizados con esta información. Los caminos Basados en Restricciones (CR), son calculados en un punto en el extremo de la red, basándose en la información de las tablas de la topología de IGP y otras entradas o criterios proporcionados por las extensiones de Ingeniería de Tráfico a los protocolos IGP.

Los CR-LSPs llegan a ser útiles en casos donde el camino enrutado IGP es diferente de los caminos deseados para el LSP, tales como los casos donde los factores siguientes pueden ser considerados:

- Disponibilidad o utilización del ancho de banda
- Características de QoS.
- Para garantizar que las rutas alternativas usen rutas separadas físicamente.



**Figura 3.29.-** Rutas alternativas para garantizar QoS y Disponibilidad de ancho de banda.

### 3.6.4 Base de datos de ingeniería de Tráfico - TED

*Traffic Engineering Database* (TED), es llamada como una base de datos especializada de los atributos de los enlaces de red, donde la información de la topología es mantenida de modo que los cálculos de la ingeniería de tráfico sean independientes de la base de datos de la topología IGP, y por consiguiente la topología IP enrutada.

TED contiene las restricciones topológicas aprendidas vía OSPF y IS-IS:

- La información de la topología de estado de enlace es aprendida desde los protocolos IGP

vía inundaciones dentro del área.

-Los atributos asociados con el estado de los recursos de la red, son transportados por las extensiones de estado de enlace IGP.

Los requerimientos de políticas administrativas, obtenidas de la configuración del usuario, pueden ser utilizados como restricciones adicionales cuando se calcule una ruta basada en restricciones.

Un cálculo de SPF se realiza en el TED exclusivamente para el cálculo de los caminos basados en restricciones.

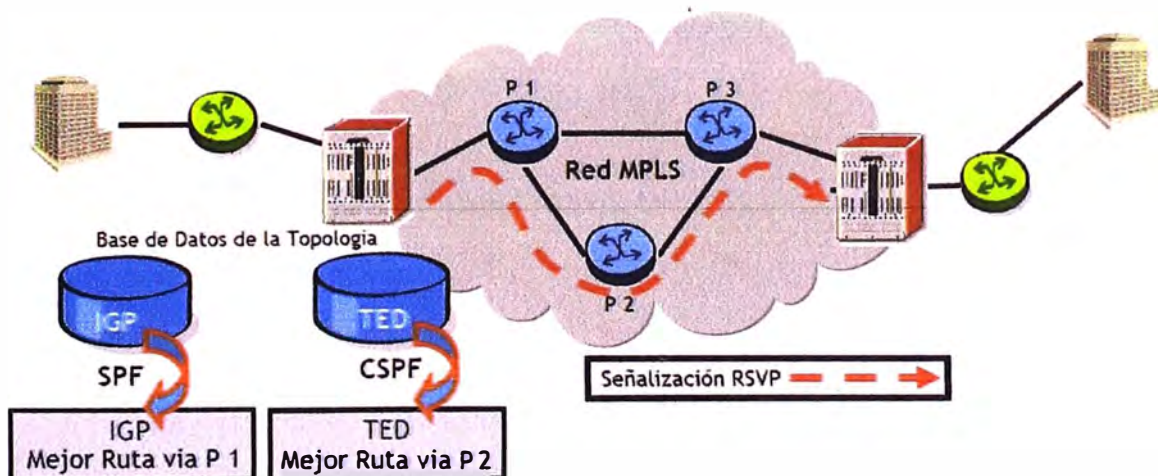
### 3.6.5 CSPF

Primero el Camino con Menos Restricciones o CSFP (*Constrained Shortest Path First*), es un algoritmo que se utiliza con los protocolos de enrutamiento de Estado de Enlace tal como OSPF y IS-IS para calcular las rutas basadas en restricciones. Que resuelve las consultas de enrutamiento de calidad de servicio (QoS), buscando la mejor ruta que cumpla con las restricciones especificadas, tales como el ancho de banda mínimo especificado y otros factores.

CSPF es un algoritmo SPF (*Dijkstra*) cuya entrada es la Base de datos de Ingeniería de Trafico (*TED*) y las restricciones LSP.

El Algoritmo de enrutamiento CSPF es necesitado para encontrar un camino que cumpla con las restricciones para el LSP.

Una vez que el camino se encuentra con CSPF, RSVP utiliza el camino para solicitar el establecimiento del LSP.



**Figura 3.30.-** Ruta hallada por CSPF y utilizada para su señalización.

### 3.7 RSVP & RSVP-TE

Originalmente el Protocolo de Reservación de Recursos – RSVP (*Resource*

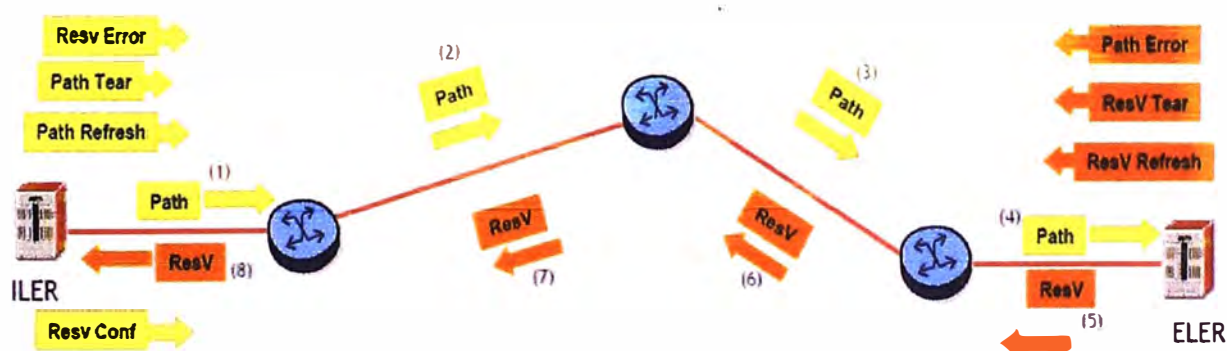
*Reservation Protocol*) fue desarrollado como un protocolo de control de red, para ser usado por un host para solicitar las características de Calidad de Servicio específica de la red para una aplicación en particular de flujo o caudal de datos. Además, RSVP también ha sido definido para ser utilizado por los routers para ofrecer una calidad de servicio (QoS) necesaria en todos los nodos a lo largo de la ruta (s) de los flujos de datos para establecer y mantener un estado que permita proporcionar el servicio solicitado. Las solicitudes de RSVP generalmente resultan en recursos reservados en cada nodo a lo largo de la ruta de datos. Cuando se utiliza con MPLS, el RSVP aprovecha este mecanismo para establecer la ingeniería de tráfico de los LSPs.

En la solicitud de recursos RSVP para los flujos *Simplex*, se solicita recursos solamente en una dirección (unidireccional). Por lo tanto, RSVP trata a un emisor como lógicamente distinto de un receptor, aunque el mismo proceso de aplicación puede actuar tanto como un emisor y un receptor al mismo tiempo. Los flujos *Duplex* requieren dos LSPs, para transportar el tráfico en cada dirección.

RSVP no es un protocolo de enrutamiento. RSVP trabaja con los protocolos de enrutamiento unicast y multicast. Los protocolos de enrutamiento determinan a donde los paquetes se enviarán. RSVP consulta a tablas de enrutamiento locales para retransmitir los mensajes RSVP.

### 3.7.1 Tipos de mensajes RSVP

RSVP utiliza dos tipos de mensajes para crear o establecer LSPs, PATH y RESV. En la *Figura 3.31*, se aprecia el proceso de creación de un LSP.



**Figura 3.31.-** Proceso de creación de un LSP vía mensajes PATH y RESV

El emisor iLER envía un mensaje PATH hacia el receptor eLER, para indicar la FEC para el cual se desea una etiqueta vinculante. Los mensajes PATH son usadas para señalar y solicitar etiquetas vinculadas, necesarias para establecer o crear el LSP desde el ingreso hasta el egreso. Cada router a lo largo de la ruta señala el tipo de tráfico.

El eLER envía información de la etiqueta vinculante en los mensajes RESV en respuesta a mensajes PATH recibidos. Los mensajes RESV permiten a los routers a lo largo del camino hacer las reservas de ancho de banda necesarios y distribuir la etiqueta vinculante *upstream* para el iLER. El LSP se considera operativo cuando el iLER recibe la información de la etiqueta vinculante.

En la *Figura 3.31*, se muestra un ejemplo de una ruta LSP configura con RSVP. El iLER transmite un mensaje PATH RSVP *downstream* al eLER. El mensaje PATH contiene un objeto de solicitud de etiqueta que solicita a los LSRs intermedios y al eLER para proporcionar una etiqueta vinculante para esta ruta.

El eLER recibe un mensaje PATH conteniendo un objeto de solicitud de etiqueta y responde con un mensaje RESV que contiene un objeto de etiqueta. El objeto de etiqueta contiene la etiqueta vinculante que el LSR descendente (*downstream*) proporciona a su vecino ascendente (*upstream*). El mensaje RESV es enviado en *upstream* hacia el iLER, en una dirección que es opuesta a la seguida por el mensaje PATH. Cada LSR en la ruta que procesa el mensaje RESV, utiliza la etiqueta recibida para el tráfico saliente asociado con el LSP específico. El LSP es establecido cuando el mensaje RESV llega al LSR de ingreso.

### 3.7.3 RSVP-TE

El RSVP de Ingeniería de Tráfico o RSVP-TE (*RSVP - Traffic Engineering*), es un conjunto de extensiones de ingeniería de tráfico para RSVP destinado para ser usadas por los LSRs para establecer y mantener los túneles LSP de transporte, así mismo la reserva de recursos de la red para dichos túneles.

Esencialmente la especificación RSVP-TE permite una sesión RSVP para agregar tráfico entre el nodo de origen de un túnel-LSP y el nodo de salida o egreso del túnel. Debido a que el tráfico es agregado, el número de sesiones de RSVP no aumenta proporcionalmente con el número de flujos en la red.

Por lo tanto, la especificación RSVP-TE aborda un problema de escala mayor con el protocolo original RSVP, es decir, la gran cantidad de recursos del sistema que de otro modo serían necesarios para gestionar las reservas y mantener el estado para miles o incluso millones de sesiones RSVP.

Las extensiones RSVP-TE proporcionan un método por el cual RSVP puede ser utilizado para ingeniería de tráfico en entornos MPLS. Estas extensiones añaden soporte para la asignación de etiquetas MPLS y especificar las rutas explícitas como una secuencia



de rutas flexibles - *loose* como estrictas - *strict*. Estas extensiones son soportadas, proporcionando un campo de solicitud de etiqueta y un campo de objeto de enrutamiento explícito en el mensaje PATH. El LSR de destino responde a una solicitud de etiqueta al proporcionar un objeto de etiqueta en su mensaje RESV. Las etiquetas son entonces asignadas a cada nodo intermedio que procesa el mensaje RESV. RSVP-TE opera en DoD (downstream-on-demand) en modo de anuncio de etiquetas con control ordenado de LSPs.

RSVP-TE es un protocolo de señalización MPLS basado en el protocolo de reserva de recursos originalmente utilizado para señalar las conexiones de calidad de servicio IP.

Puesto que el flujo a lo largo de un LSP está completamente identificado, por la etiqueta aplicada en el nodo de entrada o ingreso de la ruta, esta ruta puede ser tratada como túneles. Una aplicación clave de los túneles LSP es la ingeniería de tráfico con MPLS. El resultado es la creación de instancias de túneles de conmutación de etiquetas que pueden ser automáticamente enrutadas alejado de fallos, congestión y cuellos de botella en la red.

RSVP-TE Soporta:

-LSPs enrutados explícitamente (Con o sin reserva de recursos).

\*Soporta rutas explícitamente como una secuencia de rutas estrictas (*strict*) y flexibles (*loose*).

\*Las reservas de recursos no son obligatorias. Un LSP puede ser creado sin ningún tipo de reservas de recursos, por ejemplo, puede ser creado para transportar tráfico *best-effort*.

-Reenrutamiento óptimo de LSPs y detección de bucles.

\*RSVP-TE permite el establecimiento de túneles LSP enrutados explícitamente que pueden ser enrutados lejos de fallos, congestión y cuellos de botella en la red.

Enrutamiento explícito:

-Los caminos tomados por los flujos RSVP-TE de conmutación de etiquetas, pueden ser predeterminadas, independientemente del enrutamiento IP o los protocolos convencionales.

-La ruta puede ser especificada administrativamente, o calculada automáticamente por una entidad adecuada basada en Calidad de Servicio y requerimientos de política.

Un mensaje PATH RSVP puede contener un número de objetos opcionales:

### 3.7.3.1 ERO

Cuando el Objeto de Ruta Explícita – ERO (*Explicit Route Object*) está presente, el mensaje PATH de RSVP es forzado a seguir la ruta especificada por el ERO, independientemente de la ruta más corta tomada por IGP. Si el ERO no está presente

entonces IGP es usado para seguir la Ruta. ERO puede ser proporcionado manualmente o calculado basándose en los requerimientos de RSVP, tales como QoS.

### 3.7.3.2 RRO

La ruta que el mensaje PATH tome puede ser grabada o registrada. Estas Rutas pueden ser grabadas vía el Objeto de registro de rutas - RRO (*Recording Route Object*). Hay tres posibles usos de RRO en RSVP.

En primer lugar, un RRO puede funcionar como un mecanismo de detección de bucles para hallar los bucles de enrutamiento de L3 (capa 3) o Bucles inherentes en el enrutamiento explícito.

En segundo lugar, un RRO recolecta información actualizada y detallada de las rutas salto por salto, acerca de las sesiones RSVP, proporcionando información valiosa para el emisor y receptor. Cualquier cambio de ruta (debido a cambios en la topología de la red) será reportado.

Por último, la sintaxis RRO está diseñado de modo que, con pequeñas modificaciones, la totalidad del objeto puede ser utilizado como una entrada para el Objeto de Ruta Explícita (*EXPLICIT\_ROUTE object - ERO*). Esto es útil si el emisor recibe el RRO del receptor en un mensaje RESV, lo aplica a ERO en el siguiente mensaje PATH con el fin de concretar o finalizar la sesión.

### 3.7.4 Estilos de Reservaciones de RSVP

Una solicitud de reserva incluida en un conjunto de opciones que son colectivamente llamados estilos de reserva. Los equipos de Alcatel-Lucent soportan dos estilos de reservas diferentes *Fixed Filter* – FF (Filtro Fijo) y *Shared Explicit* – SE (Compartición Explícita) o conocido también como Agregación.

Una opción de reserva se refiere al tratamiento de las reservaciones para los emisores diferentes dentro de la misma sesión. Estableciendo una reservación distinta para cada emisor *upstream*, o bien hacer una sola reserva que es compartida entre todos los paquetes de los emisores seleccionados.

Otra opción de reserva controla la selección de los emisores. Con este estilo de reserva, una lista explícita de todos los emisores seleccionados se utiliza para definir una especificación de filtro que debe coincidir exactamente con cada emisor.

#### 3.7.4.1 *Fixed Filter* – FF

El estilo de reserva FF, especifica una lista explícita de emisores y una reserva distinta para cada uno de ellos. Cada emisor tiene una reserva exclusiva que no se comparte con

otros emisores. Cada Emisor es identificado por una dirección IP y un número de identificación local, el LSP\_ID. Debido a que cada emisor tiene su propia reserva, una etiqueta exclusiva y un LSP separado, se pueden construir para cada par emisor-receptor. Para las aplicaciones tradicionales de RSVP, la reserva FF es ideal para una aplicación de distribución video en el que cada canal (o fuente) necesita un *pipe* (canal o tubo) separado para cada uno de los *streams* (flujos) de video individuales.

La cantidad total de ancho de banda reservado en un enlace para las sesiones utilizando FF es la suma de las reservaciones de los emisores individuales. Debido a que cada emisor tiene su reserva propia, una etiqueta exclusiva es asignada a cada emisor. Este puede resultar en un LSP punto-a-punto entre cada par emisor-receptor.

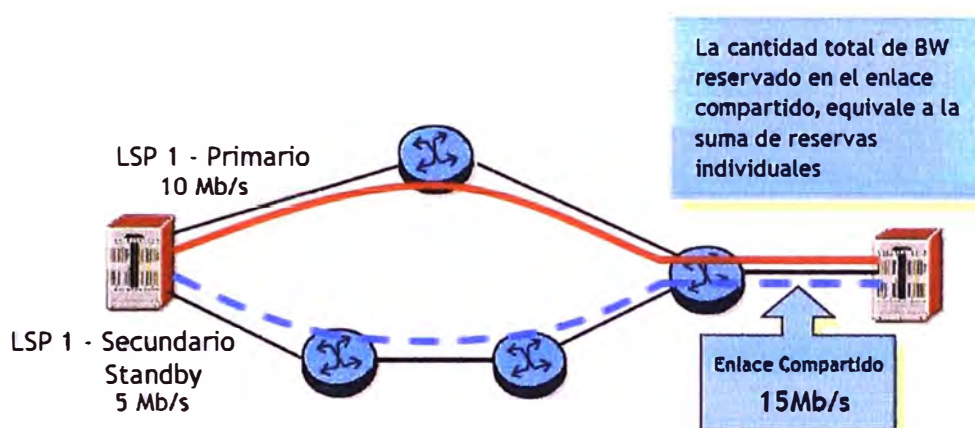


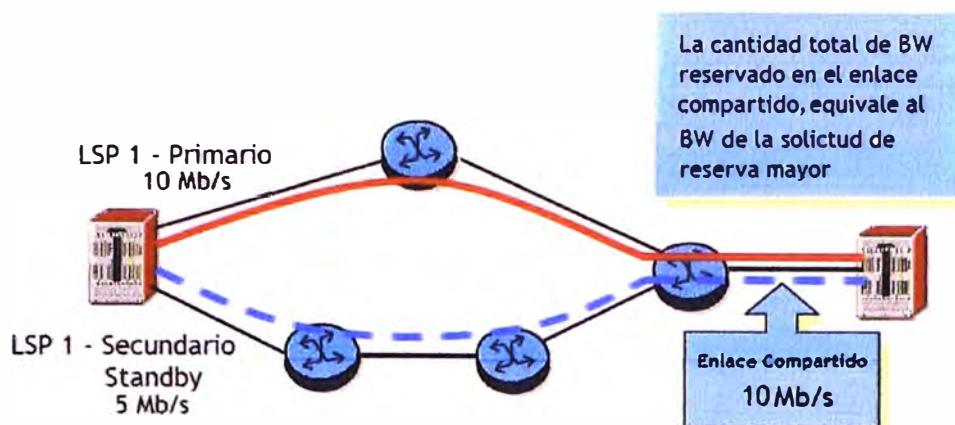
Figura 3.32.- Estilo de reserva FF.

### 3.7.4.2 Shared Explicit – SE

El estilo de reserva SE también conocido como de agregación, crea una sola reserva a través de un enlace que es compartido por una lista explícita de emisores. Debido a que cada emisor está explícitamente indicado en el mensaje RESV, etiquetas diferentes pueden ser asignadas a diferentes pares de emisor-receptor, creando de este modo LSPs separados.

Las Reservaciones de estilo SE pueden ser realizado utilizando LSP de multipunto-a-punto o un LSP por emisores. Los LSPs de multipunto-a-punto puede ser utilizado cuando los mensajes PATH no tienen el ERO, o cuando los mensajes PATH tiene idéntico ERO. En cualquiera de estos casos, una etiqueta común puede ser asignada.

Es conocida como agregación o *Shared Explicit*, el vincular una etiqueta única a un grupo de FECs y aplicar esta etiqueta a todo el tráfico en el grupo. La agregación puede reducir el número de etiquetas que se necesitan para manejar un conjunto particular de paquetes, y puede también reducir la cantidad necesaria de tráfico de control de distribución de etiquetas.



**Figura 3.33.-** Estilo de reserva SE.

### 3.7.5 Protección de LSPs de MPLS/RSVP-TE

Un problema común con depender de la re-convergencia IGP es el tiempo de restablecimiento después de un fallo de enlace o nodo. Con los protocolos de enrutamiento tradicional, se puede tomar desde varios segundos hasta casi un minuto para ser anulado el fallo. Hay muchos problemas con los protocolos de enrutamiento IP tradicional, cuando se trata del restablecimiento rápido de la conectividad.

A continuación se mostrara dos tipos de mecanismo de protección que no reducen el tiempo de detección de fallos, más sino reducen enormemente los tiempos de restablecimiento de tráfico, una vez que el fallo es detectado.

#### 3.7.5.1 Protección de Ruta

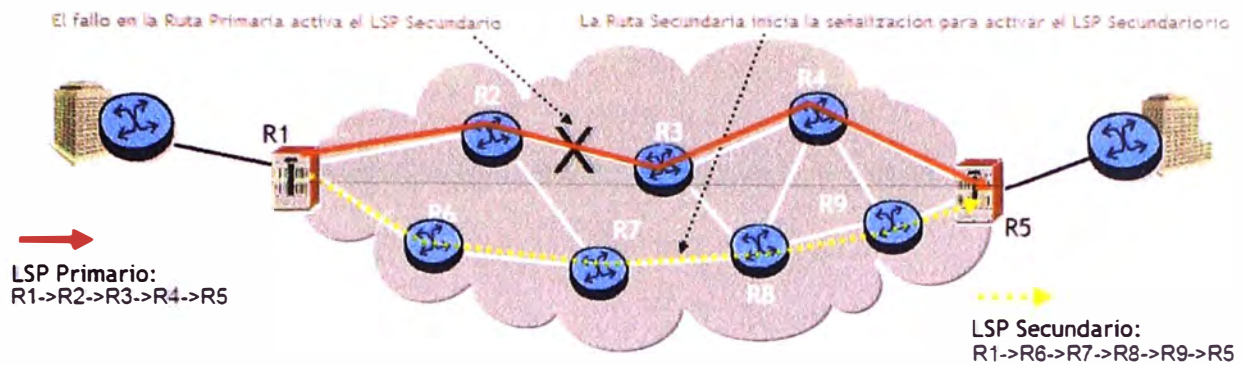
La protección de rutas LSP se puede dar de las siguientes formas:

##### a. LSP Primario con LSP Secundaria

Este tipo de protección tiene las siguientes características:

- Solo una ruta primaria o principal puede ser definida para un LSP.
- La ruta secundaria no es señalizada hasta que un fallo en la red cause que la ruta primaria falle, y a su vez hasta que el nodo de cabecera sea informado del fallo.
- Una ruta secundara es una ruta alternativa que el LSP utiliza si la ruta primaria no está disponible.
- Después de terminar el cambio de la ruta primaria a la secundaria, el software intenta continuamente de revertir el cambio y volver a la ruta primaria.
- Hasta ocho rutas secundarias pueden ser especificadas. Todas las rutas secundarias son consideradas equivalentes y la primera ruta disponible es utilizada. El software no conmutará de nuevo entre las rutas secundarias.
- Las rutas primarias y secundarias pueden ser configuradas con saltos estrictos (*strict*) o

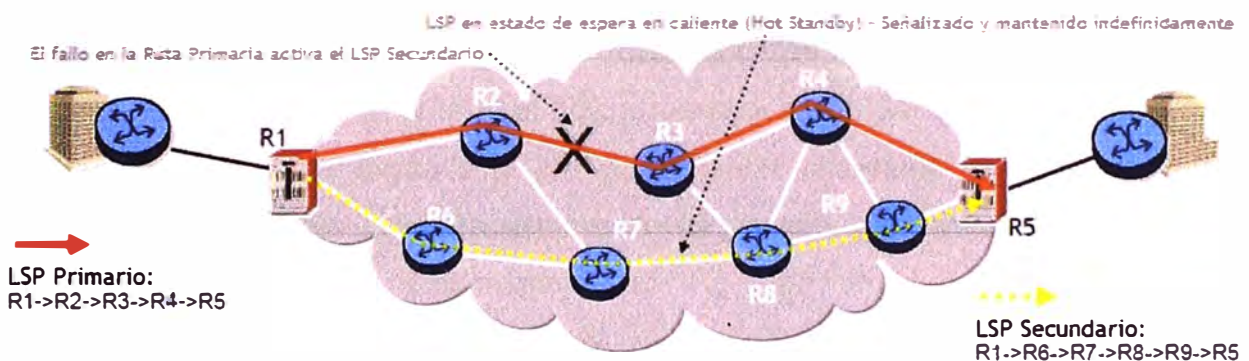
flexibles (*loose*), o sin saltos especificados.



**Figura 3.34.-** Protección LSP Primario con LSP secundario.

### b. LSP Primario con LSP Secundario Standby

En el tipo de protección anterior el LSP de ruta secundaria es normalmente señalado una vez que el LSP de ruta primaria o principal falle; mientras que en este otro tipo de protección la palabra Standby (en espera) viene a ser clave, dado que asegura que el LSP de ruta secundaria sea señalado y mantenido indefinidamente en un estado de espera en caliente, para actuar ante un fallo en la ruta primaria. Cuando la ruta primaria se restablece, entonces el tráfico es conmutado nuevamente al LSP de ruta primaria.



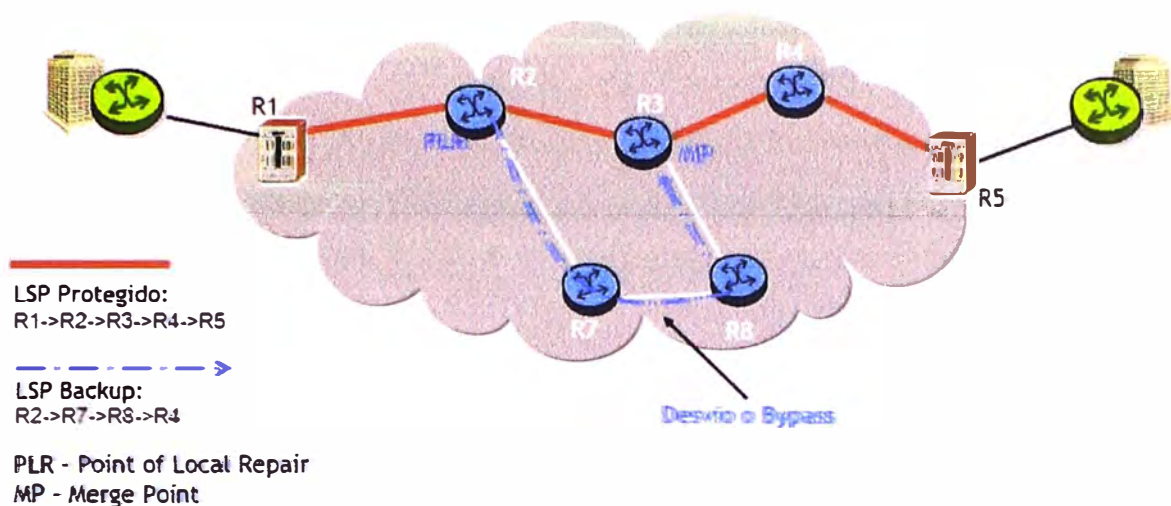
**Figura 3.35.-** Protección LSP Primario con LSP Secundario Standby.

### 3.7.5.2 Fast Reroute

El *Fast Reroute* (Reenrutamiento Rápido) de MPLS soluciona los problemas de falla de rutas, mediante la definición de rutas pre-establecidas y señalizando rutas de respaldo o *backup* ante un fallo, por lo que el tráfico puede ser inmediatamente conmutado hacia la ruta de *backup* por el nodo más próximo o cercano al fallo.

El Fast Reroute de MPLS depende de los LSPs que están establecidos mediante el RSVP-TE. Utilizando RSVP-TE, es posible predeterminedar la ruta que un LSP debería tomar mediante la especificación de una ruta explícita para el LSP. Esto permite la creación de LPSs alternativos que no dependen del mismo enlace o nodo como el LSP protegido.





**Figura 3.36.-** PLR y MP en Fast Reroute de MPLS.

El Fast Reroute de MPLS incorpora en la red a dos nuevos elementos el Punto de Reparación Local - PLR (*Point of Local Repair*) y Punto de Unión – MP (*Merge Point*). El punto en el que el LSP de *backup* se desvía del LSP protegido, se conoce como el PLR, mientras que el punto en el que el LSP de *backup* vuelve a unirse al LSP protegido se conoce como el MP, como se aprecia en la *Figura 3.36*.

A fin de garantizar de que la conmutación por fallos sea lo más rápida posible, la ruta de *backup* deberá estar creada, señalizada y preparada para aceptar tráfico antes de que se produzca el fallo. Por tanto el PLR, el MP, y todos los routers de tránsito deben de estar preparados para aceptar el tráfico del LSP primario ante un eventual fallo de este. El PLR debe estar preparado para enviar los datos de la ruta primaria, y el MP debe estar preparado para entregar los datos del LSP primario.

Cuando el PLR recibe la notificación de que un LSP en particular necesita protección, se calcula una ruta de CSPF alrededor del enlace. Dado que este backup es la protección de un determinado LSP, otras restricciones podrían ser necesarias durante el cálculo, como el número máximo de saltos, reserva de ancho de banda y las prioridades de retención y establecimiento.

Fast Reroute utiliza dos métodos para dirigir el tráfico de una ruta protegida a una ruta de *backup*.

#### **a.- Backup uno a uno**

Este método crea los LSPs de desvío para cada LSP protegido en cada punto potencial de reparación local. Es decir una técnica de reparación local, donde un LSP de *backup* se crea por separado para cada LSP protegido desde un PLR.

#### **b.- Backup Facilitado**

Este método crea un túnel de *bypass* (derivación) para proteger un punto potencial; mediante el aprovechamiento del apilamiento de etiquetas MPLS; este túnel *bypass* puede proteger un conjunto de LSPs protegidos que tiene similares restricciones de *backup*. Es decir la técnica de reparación local donde se utiliza un túnel de *bypass* para proteger uno o más LSPs protegidos que atraviesan el PLR, el recurso que está siendo protegido y el MP, en ese orden.

Donde ambos métodos, los LSPs de *backup* también se pueden establecer para proporcionar protección de enlace o nodo.

### 3.8 Limitaciones de las Redes IP y ATM frente a las redes MPLS

#### 3.8.1 Redes IP

Entre las limitaciones más resaltantes podemos mencionar, las siguientes:

**-Calidad y Servicio:** Desde sus orígenes, las redes IP han centrado su funcionamiento en mecanismos del tipo *best-effort*, que consiste en que todos los paquetes reciben el mismo tratamiento, y la red simplemente se limita a asegurar que éstos alcanzan su destino final, pero sin llegar a adquirir compromisos de calidad de ningún tipo. Esta filosofía ha aportado una gran sencillez a la gestión de red, lo que ha sido un factor muy importante para la rápida extensión de las redes IP. Pero a su vez el modelo *best-effort* genera las degradaciones del servicio en términos de *throughput*, retardo y *jitter*, afectando a todos los servicios por igual, y esto no puede ser tolerable en las redes de nueva generación, en cuyo seno va a convivir tráfico perteneciente a servicios de naturaleza muy diferente y con requisitos muy distintos (como por ejemplo aplicaciones no sensibles a retardos, como el correo electrónico o la transferencia de archivos, y aplicaciones sensibles a retardos como el intercambio de datos en tiempo real, transmisión de voz y video).

**-Híper-agregación:** Dado que por su naturaleza las redes IP no son orientadas a la conexión, los paquetes son transportados en una base de salto a salto, basándose en decisiones de enrutamiento realizadas en cada nodo. Como resultado típico de esto es la híper-agregación de datos en ciertos enlaces. Por tanto IP tiene una habilidad muy limitada para abolir la híper-agregación lo cual con lleva por lo general a la congestión en un enlace, y por ende, de toda la red. Es decir, en una red que posee una ruta principal y rutas alternas la híper-agregación causara que todo el tráfico siga la misma ruta principal o tradicional, dejando inutilizados las rutas alternas.

**-Servicios End-to-End:** IP, por sí sólo, es incapaz de proveer un nivel de servicio punto a punto o extremo a extremo (*End-to-End*) garantizado a través de toda la red. Ciertas

aplicaciones requieren una cantidad de ancho de banda garantizada sobre la serie de enlaces que enrutan sus paquetes *end to end*. El proveedor de servicios necesita la reserva recursos de acuerdo al nivel de servicio de sus clientes para garantizarles el ancho de banda contratado. Los Protocolos de enrutamiento IP son incapaces de observar el ancho de banda disponible a lo largo de toda la red, por lo tanto, los routers son incapaces de ser alertados si el ancho de banda está disponible o no sobre las rutas principales y alternas.

### 3.8.2 Redes ATM

Inicialmente, la industria de las telecomunicaciones eligió la conmutación de modo de transferencia asíncrono (ATM) para entregar los servicios multimedia de banda ancha por la red pública. Esta tecnología se diseñó como una tecnología de verdadera "convergencia", capaz de satisfacer las necesidades de la voz y el vídeo, que dependen en gran medida del tiempo, y de los datos en "ráfaga", y se previó que la red se ampliaría hasta los terminales de escritorio (como la PC), para entregar los servicios a los usuarios. Con el advenimiento de las redes de nueva generación y la evolución de internet, se puso de manifiesto que, si bien el ATM es una gran tecnología, pero no estaba preparada para el cambio drástico que sufrió el entorno de las aplicaciones de la red. Por ende, lo que estas nuevas redes necesitan es la flexibilidad del entorno IP (sin conexión), en el que hay que establecer múltiples conexiones para cualquier tarea.

Por otra parte, el enrutamiento de paquetes sin conexión con IP no puede garantizar la calidad, puesto que no se reserva capacidad para los paquetes de datos cuando estos se introducen en la red. En la práctica, esto significa que los paquetes que contienen señales vocales pueden sufrir retardos en el viaje a su destino, y más aún si una gran cantidad de paquetes quieren tomar la misma ruta al mismo tiempo.

La evolución que obtuvo la Tecnología *Ethernet* en los últimos años, logro muchas ventajas sobre ATM, entre ellas IP/MPLS como solución para las redes de nueva generación; así como también podemos mencionar las siguientes ventajas:

**-Menores inversiones en hardware:** Las interfaces *Ethernet* sobre IP son unas 10 veces más eficientes en costes que soluciones IP sobre ATM o IP sobre SDH/SONET. Además, las economías de escala resultan en que el precio anual de los conmutadores Ethernet decrezca un 30-50%.

**-Menores inversiones en instalación, operación y mantenimiento.** *Ethernet* es una tecnología relativamente poco compleja y bien conocida, pues lleva operando desde los años 80. Esto supone que los costes operativos asociados a la gestión del ancho de banda,

provisionamiento, mantenimiento y actualizaciones de IP sobre *Ethernet* sean muy inferiores a los de otras tecnologías como IP sobre ATM o SDH/SONET.

**-Altas velocidades.** Una de las desventajas tradicionales de IP sobre *Ethernet* frente a IP sobre ATM o SDH/SONET, era la menor velocidad de las interfaces de la red troncal. Hoy en día, Ethernet ofrece velocidades típicas de red troncal, alcanzando en estos momentos valores de Tera bits/segundo.

**-Mayor capacidad de integración.** Los equipos basados en *Ethernet* ocupan menos espacio y consumen menos potencia que los basados en ATM. Esto supone un enorme ahorro de costes para los operadores en inmovilizado fijo.

**-Protección y calidad de servicio.** La inmadurez de las técnicas de seguridad, protección y calidad de servicio del tráfico IP sobre *Ethernet* ha sido la principal limitación asociada a esta tecnología. La introducción de protocolos como IEEE 802.1p o MPLS, resuelven en gran parte estas limitaciones históricas. MPLS es una mejora de enrutamiento del IP que toma prestadas ciertas características del método ATM para establecer un mecanismo de "conmutación" por el que se obvia la necesidad de que cada encaminador que encuentra el paquete tenga que "mirar" su dirección. El desarrollo de la red de próxima generación significa realmente que todas las técnicas podrán trabajar codo a codo. Pero MPLS no puede ser comparada con ATM directamente, ya que son tecnologías totalmente diferentes con diferentes objetivos. MPLS permite la migración de servicios ATM sobre redes IP sin la necesidad de una señalización compleja, entonces es mucho más simple y menos costoso el implementar equipos con soporte MPLS.

De este modo, aunque ATM permanecerá durante unos años más en las redes de los operadores, poco a poco será siendo sustituido por *Ethernet* (con IP/MPLS); sobre todo ahora que los nuevos despliegues de banda ancha se basarán en LTE en la red móvil.

### **3.8.3 Beneficios de MPLS.**

La implementación del protocolo MPLS ofrece una gran variedad de beneficios y soluciones a los problemas presentados anteriormente, y entre los que a continuación podemos describir:

**-Minimiza el costo** utilizando IPs existentes y tecnologías *Ethernet*. La facilidad del uso de Ethernet y la familiaridad con IP es de hecho, una gran ventaja.

**-Brinda mejores capacidades de enrutamiento**, soportando mucho más que solamente el envío de paquetes basado sólo en el destino. Puesto que el flujo de los paquetes puede ser también definido basándose en otros criterios como el ancho de banda y la clase de

servicio.

-Es una tecnología basada en estándares, lo que promueve la interoperabilidad de proveedores. MPLS es un estándar IETF (Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet) que varios proveedores soportan.

-Posee la flexibilidad para evolucionar las funcionalidades de control sin cambiar el mecanismo de transmisión.

-El proceso de conmutación de etiquetas MPLS siempre es el mismo, dado que no toma en cuenta cómo las etiquetas son asignadas y distribuidas.

Entre las principales aplicaciones de MPLS tenemos la Ingeniería de Tráfico (TE), Calidad de Servicio (QoS) y los servicios VPNs de Capa 2 (VPWS y VPLS) y de Capa 3 (VPRN), estos servicios se ahondarán en el capítulo siguiente. Estos servicios pueden ser ofrecidos sobre, prácticamente, cualquier tecnología de la capa de enlace de datos y soporta el flujo IP unicast y multicast. MPLS minimiza la búsqueda IP, envío, y proceso de clasificación sobre esta nueva red de transporte, ya que estos procesos son realizados sólo en el ingreso y egreso de la red MPLS, siendo transparente para el resto de esta.



## **CAPITULO IV**

### **SERVICIOS VPN Y EQUIPAMIENTO**

#### **4.1 Servicios de Redes Privadas Virtuales (VPN) de IP/MPLS**

Tradicionalmente, los proveedores de servicios desplegaban diferentes tipos de redes troncales con distintos tipos de hardware dedicados a proporcionar distintos tipos servicios para sus clientes. Este modelo de implementación de servicio es conocido también como modelo de servicios dedicados. Por ejemplo, una compañía puede necesitar construir redes separadas para prestar los siguientes servicios a sus clientes:

- Una red ATM con muchos conmutadores ATM para proporcionar conmutación ATM VP/VC para clientes ATM
- Una red PSTN/GSM para proporcionar servicios de telefonía fija y móvil.
- Una red SONET/SDH para proporcionar alta disponibilidad, servicios de transporte de alto ancho de banda para clientes TDM.
- Una red de enrutamiento IP para proporcionar servicios de red privados o públicos (Internet) para los clientes de IP.

Un modelo de servicios dedicados, en los que cada tipo de servicio es soportado por su propia infraestructura de red, no es muy rentable tanto para los proveedores de servicios como para los clientes. Por tanto los proveedores de servicio deben desplegar múltiples infraestructuras de red capaces de soportar distintas tecnologías de red. Como resultado de esto, los proveedores de servicios buscarán nuevas tecnologías para proveer una solución convergente utilizando solo una red troncal o backhaul, que cumpla con los requerimientos específicos de cada cliente. Por tanto para cumplir con todo estos requerimientos, es necesario de una Red VPN de Multiservicios basada en MPLS o Red de Transporte Multiservicio (como la llamaremos en este documento), que proporcionara esta solución.

Una Red Transporte Multiservicios está constituida por servicios VPNs que permiten al proveedor de servicios cumplir con los requerimientos de cada servicio específicos en la red.

Dentro de una red privada virtual (VPN) se comparte infraestructura pero con

funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtiene con una red privada, es decir se proporciona a los clientes conexiones lógicas que pudieran parecer como conexiones físicas dedicadas para cada uno de ellos. MPLS es la tecnología clave que permitirá a los proveedores implementar servicios VPN para sus clientes.

Para proseguir con las características de los servicios VPNs, definiremos lo que es un Servicio. Un servicio es una entidad lógica que provee una configuración y administración uniforme y de extremo a extremo. Además un servicio debe poseer un modelo de control que provea conectividad ya sea entre VPNs (de capa 2 o capa 3) o Internet.

Cada servicio es reconocido por un único identificador, llamado ID de servicio.

Estos servicios, pueden proveer servicios de conmutación en capa 2, o de conectividad enrutada por IPs de capa 3. Hay que tener en cuenta que un servicio puede ser, tanto global como local. Un servicio local VPWS (*Virtual Private Wire Service*) referido para servicios punto a punto, envuelven a varios Puntos de Acceso de Servicio SAPs (*Service Access Points*) en el mismo enrutador; por otro lado, un servicio de VPRN o VPLS local envuelven dos o más SAPs en el mismo enrutador. Un servicio distribuido se extiende a más allá de un solo enrutador, estos usan Rutas de Distribución de Servicios - SDPs (*Service Distribution Paths*). A continuación se define lo que es un SAP y un SDP.

**-SAP (*Service Access Points*).**- los Puntos de Acceso de servicio, son los puntos en la que una capa puede encontrar los servicios disponibles de la capa inmediatamente inferior. Cada SAP tiene una dirección que lo identifica y por la que se invoca el servicio.

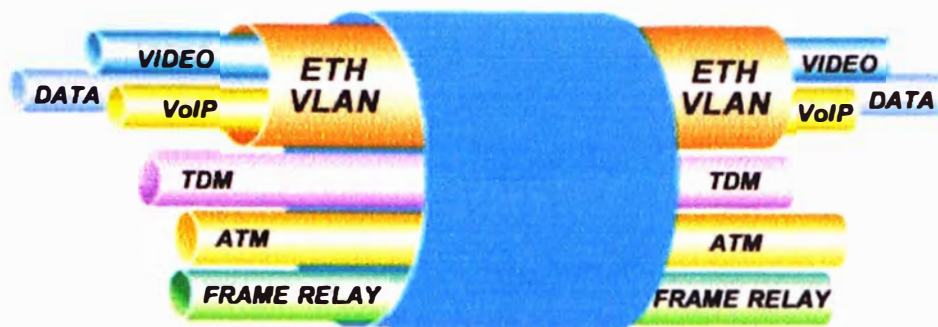
**-SDP (*Service Distribution Paths*).**- Los servicios distribuidos usan los SDPs para direccionar el tráfico hacia otros enrutadores a través de túneles de servicio. Estos SDPs son creados en cada enrutador participante, especificando la dirección de origen y destino.

#### **4.1.1 VPWS (*Virtual Private Wire Service*)**

El Servicio de Cable Privado Virtual – VPWS, es un servicio sencillo de capa 2 que consiste en la emulación de una línea arrendada o circuito entre dos lugares. El cliente no tiene conocimiento de la red del proveedor de servicios; el servicio actúa como una simple conexión punto a punto entre dos sitios de clientes.

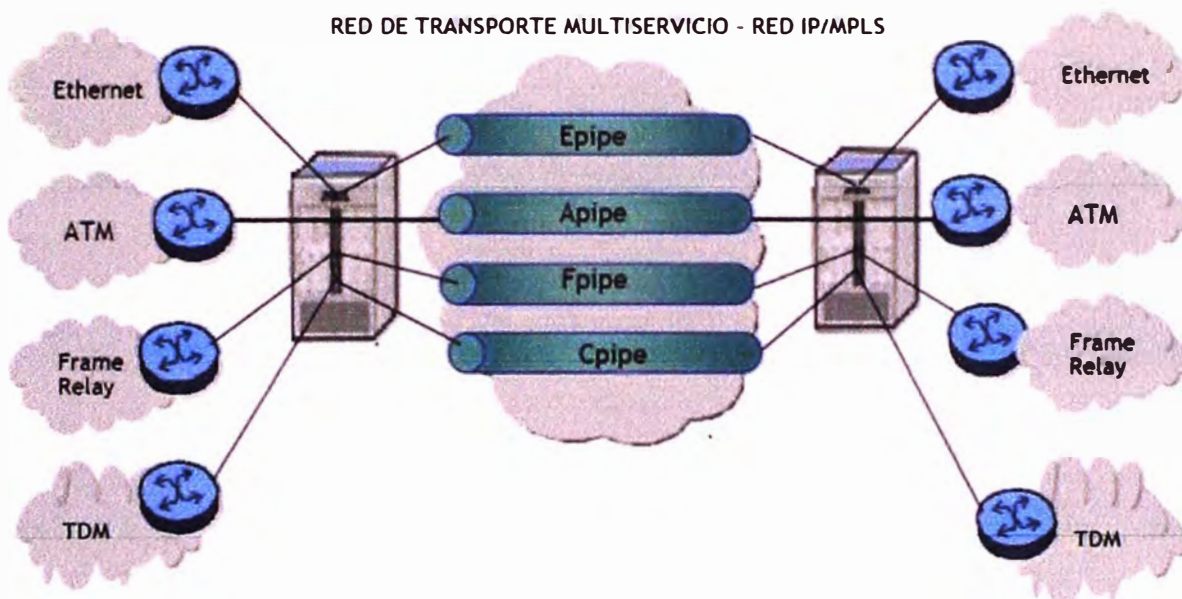
VPWS necesita de *pseudowires* (PW) para llevar servicios a través de un LSP designado. Los *pseudowires* son servicios punto a punto cuya función es la encapsulación de un servicio de transmisión del tráfico como por ejemplo en el caso de TDM tradicional o ATM a través de una red de conmutación de paquetes como se observa en la *Figura 4.1*. Un beneficio adicional de este tipo de túneles es la creación de un esquema de protección

para garantizar un servicio continuo.



**Figura 4.1.-** Representación de un pseudowire.

Gracias a los *pseudowires* los servicios VPWS pueden entonces emular una conexión Ethernet (*E-pipe*), una conexión Frame Relay (*F-pipe*), una conexión ATM (*A-pipe*), o una conexión TDM tal como un circuito T1o E1 (*C-pipe*). Las tramas de Capa 2 de los datos del cliente son encapsulados en Etiquetas MPLS y Tunelizados a través de la red del proveedor de servicios, como se aprecia en la *Figura 4.2*.



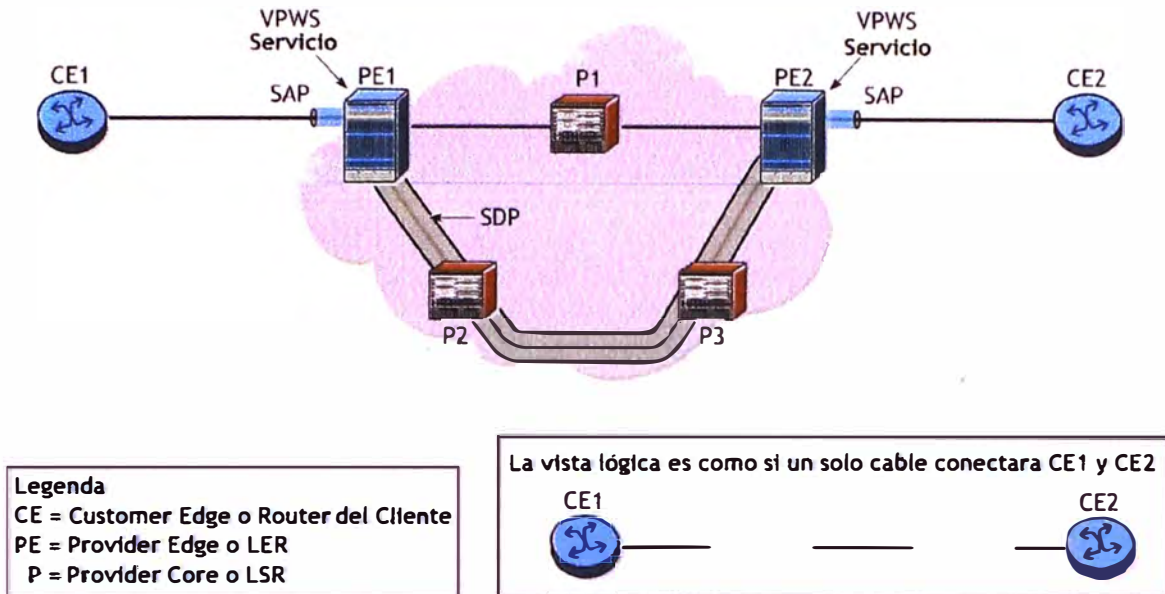
**Figura 4.2.-** Servicios VPWS.

Las tramas del cliente no son revisadas y el aprendizaje de las MAC no es realizado por el VPWS. Las tramas de Capa 2 del cliente son encapsuladas en una Etiqueta MPLS y conmutadas a través de la red del proveedor de servicios de forma transparente.

Los SAPs son definidos en los dispositivos PE (*Provider Edge*) o LER, al lado donde se encuentran conectados los dispositivos CE (*Customer Edge*) o routers de los clientes, como se puede apreciar en la *Figura 4.3*. Los SAPs representan el acceso de los clientes al servicio. Múltiples SAPs pueden ser definidos en un mismo puerto físico y pueden ser

utilizados para diferentes servicios.

Los SDPs son definidos en el lado de la red del proveedor de servicios (entre los LERs y LSRs) y define la conexión del servicio para un túnel de transporte MPLS. Varios servicios pueden vincularse aun SDP.



**Figura 4.3.-** SAP y SDP en los servicios VPWS

El dispositivo PE de entrada (iLER) recibe los datos del cliente en un SAP que está asociado con un servicio en específico. El SAP puede ser un puerto, un puerto con una etiqueta de VLAN específico, en el caso de un puerto Ethernet, o un puerto con un ID (identificador) de circuito específico en el caso de ATM o Frame Relay.

Los datos del cliente están encapsulados con una etiqueta de servicio por el PE de entrada (iLER). Debido a que muchos servicios pueden ser configurados en el PE, la etiqueta de servicio identifica el servicio específico al que pertenecen los datos. El valor de la etiqueta de servicio es señalizado para el PE de entrada (iLER) por el PE de salida (eLER) cuando el servicio se inicializa.

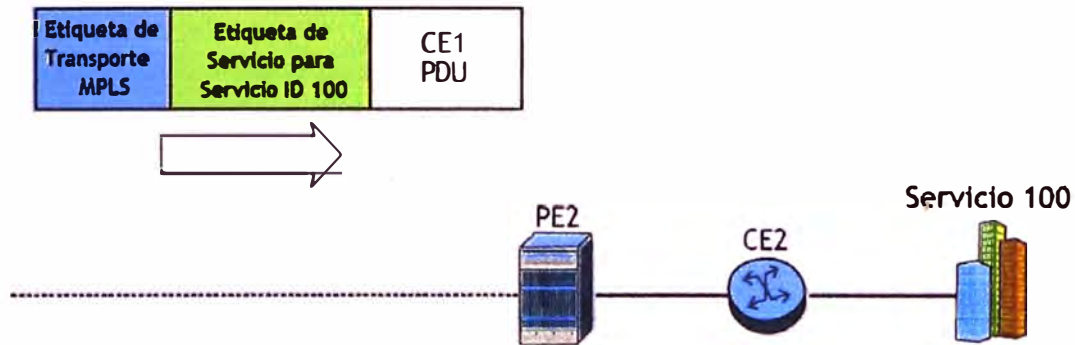
Después los datos se encapsulan con la etiqueta de servicio, los datos deben enviarse a través del correcto SDP que es definido por el servicio. Una segunda etiqueta exterior se añade a los datos. Esta etiqueta identifica el LSP que se usará para transportar el paquete MPLS hasta el otro extremo del túnel - el dispositivo PE de salida (eLER). Los datos se etiquetan conmutándose a lo largo del LSP utilizando esta etiqueta exterior.

El dispositivo PE de salida (eLER) remueve el encapsulamiento MPLS de la data del SDP. La etiqueta de servicio interior, es usada para identificar el servicio al que los datos pertenecen y, después de que las etiquetas son removidas, los datos se transmiten en el SAP



apropiado para el servicio. En otras palabras, la etiqueta de servicio se utiliza para demultiplexar los datos del SAP para el servicio apropiado.

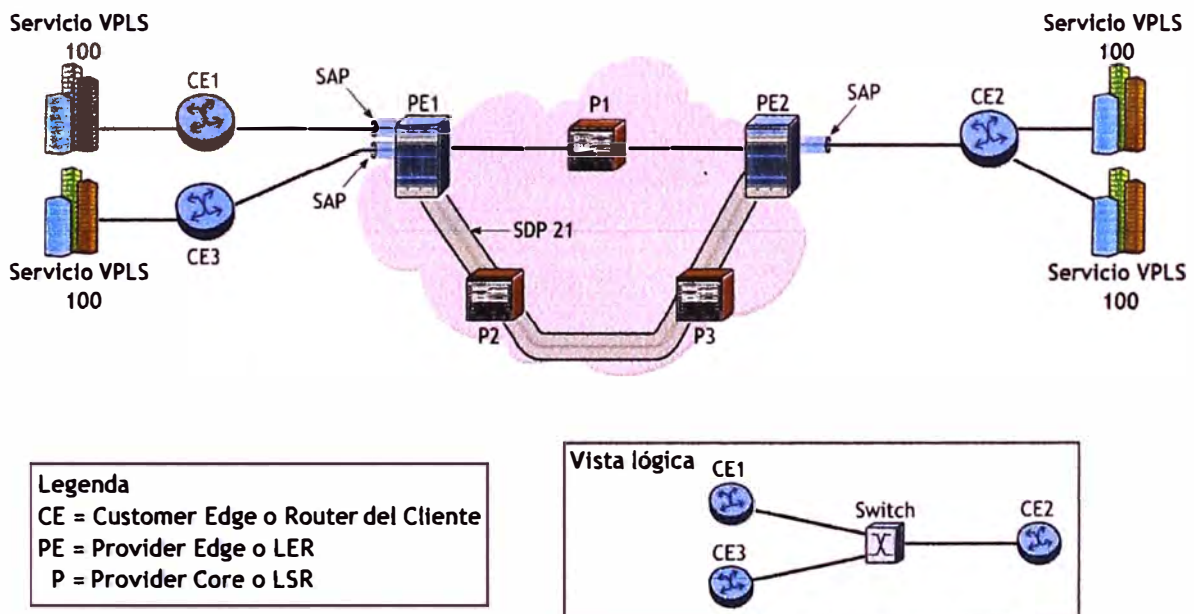
El dispositivo CE (router del cliente) no está consciente de los SDPs y los SAPs. Los dispositivos CE (router de clientes) transmiten paquetes de datos al dispositivo PE de entrada (iLER), por ejemplo para el caso de un puerto Ethernet, transmitirá una determinada etiqueta VLAN, y luego recibirá un paquete de datos sin etiquetar del dispositivo PE de salida (eLER), como se puede apreciar en la *Figura 4.4*.



**Figura 4.4.-** VPWS - Encapsulación Ethernet.

#### 4.1.2 VPLS (*Virtual Private LAN Service*)

El Servicio de LAN Privada Virtual es similar a un VPWS, con los SAPs para proporcionar acceso al cliente y los SDPs para proporcionar la conexión de transporte a través de la red a los PEs remotos del servicio.



**Figura 4.5.-** SAP y SDP en los servicios VPLS.

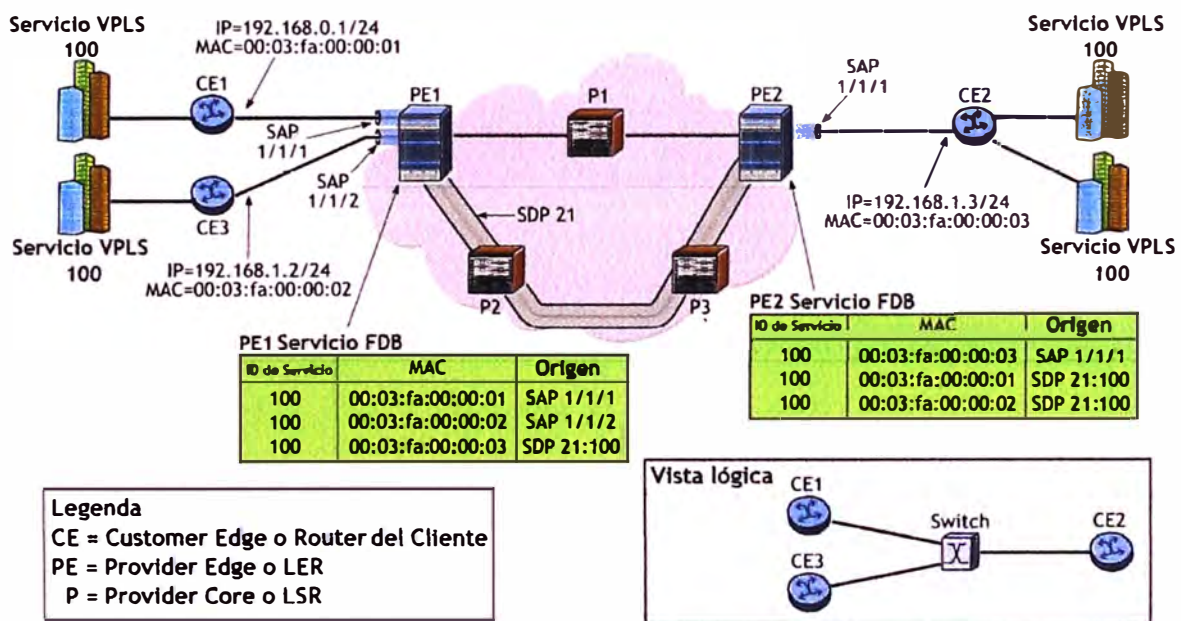
Sin embargo, un VPLS es un servicio multipunto que soporta múltiples puntos de acceso (en contraposición a un VPWS, que es solo de punto a punto con dos puntos de



acceso). Un VPLS actúa como un conmutador lógico de Capa 2 que conecta todos los dispositivos CE (router del cliente) que están conectados al servicio.

Debido a que un VPLS emula a un Servicio de *Ethernet* Conmutado, por tanto una base de datos de envío - FDB (*Forwarding Database*) de direcciones MAC, deberá ser mantenida para cada VPLS. Cuando una trama unicast con una dirección de origen desconocido llega a un SAP o un SDP, el VPLS aprende la dirección, de la misma manera que un Conmutador *Ethernet* aprende una dirección MAC en sus puertos. La FDB de un VPLS asocia las direcciones MAC con los SAPs y los SDPs, pero esta es similar a un Conmutador *Ethernet*.

Cuando llega una trama Ethernet en un SAP o un SDP, se realiza una búsqueda en la FDB para la dirección de destino. Si existe una entrada para dirección, la trama se envía a la correspondiente SAP o SDP. Si no existe una entrada para la dirección, la trama es distribuida o inundada a todos los demás SAPs y SDPs, que es similar a la inundación de una trama desconocida en un Conmutador *Ethernet*. En la *Figura 4.6* se ilustra la tabla FDB en los routers PE que deben mantener direcciones MAC para la información de mapeo de servicio.



**Figura 4.6.-** Las Tablas FDB de direcciones MAC en los servicios VPLS.

El servicio VPLS posee muchas ventajas tanto para el proveedor de servicios como para el cliente, a continuación mencionaremos los más importantes y resaltantes para cada uno de ellos.

Para el Proveedor de Servicios:

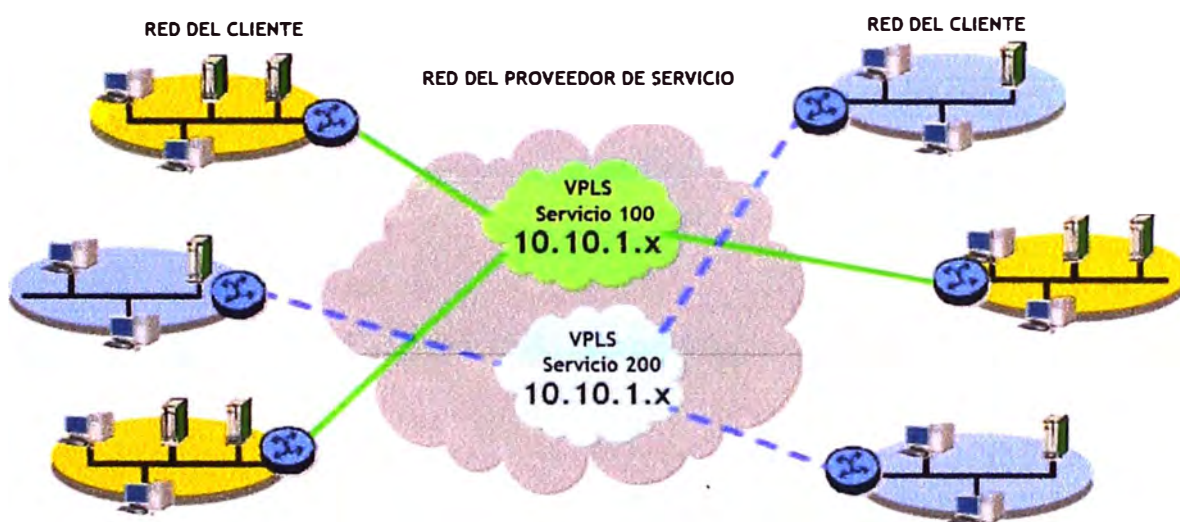
-Existe una clara diferenciación de funcionalidad entre la red del proveedor de servicios y

las redes de los clientes.

- El proveedor no tiene que tratar con los problemas de enrutamiento de los clientes.
- Colocar nuevos sitios en la red o ante un crecimiento en la red, demanda una mínima reconfiguración en los equipos.
- Provisión de más ancho de banda y de un servicio más rápido.
- Parámetros de ingreso y egreso pueden ser definidos por separado.

Para el Cliente:

- El servicio multipunto que ofrece VPLS, es transparente e independiente del protocolo de enrutamiento que se esté utilizando.
- El costo de equipos para interconexión con la red del proveedor se reduce significativamente, ya que no son necesarios equipos de complejidad alta.
- Se reduce la conversión de protocolos de capa 2 entre la LAN y las WAN, dado que la distancia entre dos sitios del cliente se ve solo como un enlace físico.



**Figura 4.7.-** Red del Proveedor de Servicios vs. Redes del Cliente.

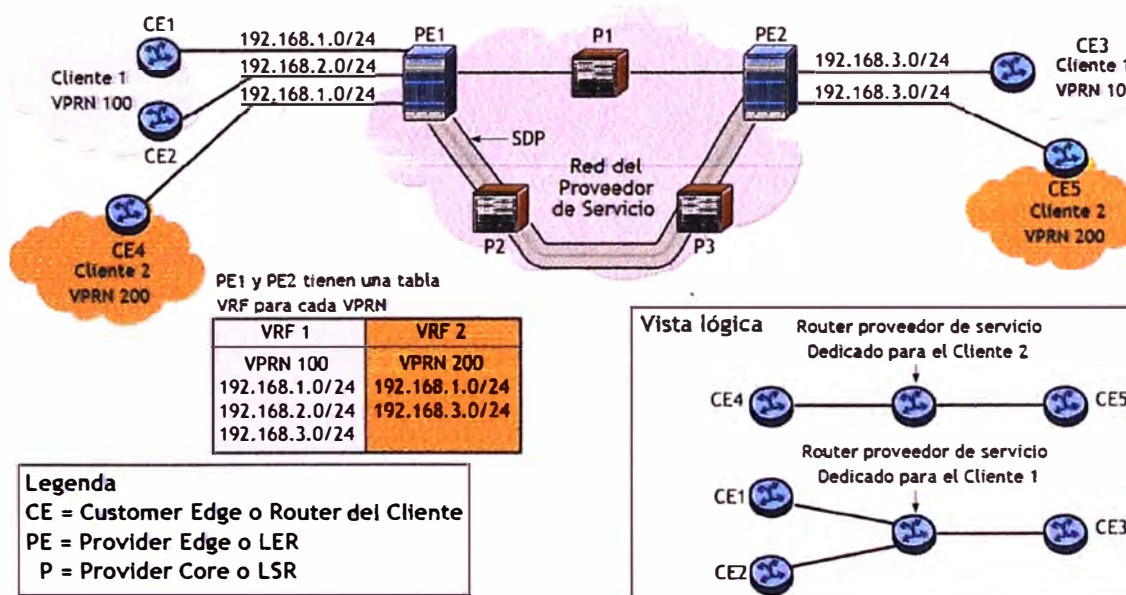
#### 4.1.3 VPRN (*Virtual Private Routed Network*)

Un servicio de Red Privada Virtual Enrutada – VPRN, es una clase de VPN que permite la conexión de múltiples sitios en un dominio enrutado a través de la red IP/MPLS del proveedor de servicios. VPRN es un servicio de Capa 3 (en contraposición de VPWS y VPLS, que son servicios de Capa 2). Desde la perspectiva del cliente, todos los sitios parecen estar conectados a una red privada enrutada que está administrada por el proveedor de servicio para un único cliente. Cada router PE (LER) proporciona servicios VPRN manteniendo para esto una tabla de envío IP independiente para cada VPRN. Cada Cliente del Proveedor de Servicio tiene su propio espacio de direcciones de IP privadas, y por lo

tanto, puede haber superposición de direcciones IP.

El servicio VPRN utiliza Enrutamiento y envíos de instancias VPN (*VRF - VPN Routing and Forwarding Instances*) dentro del dispositivo PE (LER) para mantener la información de envío en función de cada cliente. Una VRF es una tabla de envío (enrutamiento) privado lógico que aísla con seguridad la información de enrutamiento de un cliente determinado de otro cliente próximo a este, y de las rutas de la red principal del proveedor. Cada dispositivo PE (LER) mantiene separado múltiples VRFs que están basadas en un número de servicios VPRN distintos que soporta el PE.

Cada router CE se convierte en un par o compañero de enrutamiento del router PE (LER) del proveedor al cual se encuentra directamente conectado. Las rutas se intercambian entre los CE y los routers PE (LER). El dispositivo PE (LER) en un servicio VPRN intercambia rutas entre sí de manera que las rutas pueden ser transmitidas a los dispositivos CE remotos del cliente. Este proceso es ilustrado en la *Figura 4.8*. Notar que el cliente 1 y cliente 2 están utilizando el mismo espacio de dirección IP, pero los routers PE son capaces de manejar esto a través del uso de tablas de enrutamiento VRF independientes.



**Figura 4.8.-** Las Tablas VRFs en el servicio VPRN

El transporte de los datos del cliente es similar a un VPWS o un VPLS, excepto que la cabecera de capa 2 son removidas y los datagramas IP son encapsulados con cabeceras MPLS. Los datos del cliente llegan a un SAP VPRN, este se encapsula con una etiqueta de servicio interior y una etiqueta transporte exterior, y luego es transportada a través de la red utilizando MPLS. La diferencia principal desde la perspectiva del cliente es que la red del

proveedor actúa como una red IP enrutada, y por lo tanto, también los dispositivos del cliente deben ser pares o compañeros del equipo del proveedor utilizando un protocolo de enrutamiento IP, o rutas estáticas que deben ser configuradas.

Por lo anterior, los sitios de cliente parecen estar conectados directamente entre sí, a nivel de IP (Capa 3). VPRN posee múltiples ventajas entre las más resaltantes serán mencionadas a continuación:

- El proveedor de servicios administra todo el dominio enrutado, por tanto simplifica el enrutamiento en los sitios del cliente. Algunos sitios pueden lograr una conectividad total con tan sólo una ruta por defecto. Toda la infraestructura puede ser administrada tan sólo por el proveedor de servicios.

- Esta infraestructura presenta redundancia y flexibilidad a la hora de crecer, además de encontrar beneficios en el diseño de la infraestructura del *Core*.

- La seguridad ofrecida por el servicio VPRN es muy similar a la seguridad inherente ofrecida por servicios de capa 2 como Frame Relay o ATM, y así como la implementación de circuitos virtuales de estos. En una VPRN, la conexión entre múltiples sitios, puede ser vista como una conexión lógica dedicada entre sitios diferentes del mismo cliente, lo cual en concepto, es muy similar a los circuitos virtuales.

- La privacidad y seguridad son administradas por el aislamiento de cada red y la topología de ruteo por la separación de rutas en tablas lógicas de ruteo. El cliente está virtualmente permitido de utilizar cualquier jerarquía de direccionamiento, independiente de la elección del direccionamiento de los proveedores y de las direcciones de otros clientes del proveedor.

- Cualquier tipo de interconexión física puede ser usada entre equipos del *Core* (LSR) y equipos tipo *Edge* (LER), siempre y cuando sea soportado entre ambos equipos.

## **4.2 Equipamiento**

### **4.2.1 Equipamiento para la Red de Transporte Multiservicio.**

En la actualidad, en el mercado existen gran variedad de equipos que aumentan la capacidad de las redes de transporte, para dar servicios a redes 2G, 3G e incluso preparadas para las redes 4G. Gracias a las nuevas soluciones de hardware para redes, los proveedores de servicio podrán proporcionar a sus clientes los servicios mencionados en los capítulos anteriores, referidos al transporte de vídeo, voz y datos, y al mismo tiempo enfrentar a la creciente demanda de servicios de banda ancha móvil.

En este contexto, los fabricantes de equipos están proponiendo distintas soluciones



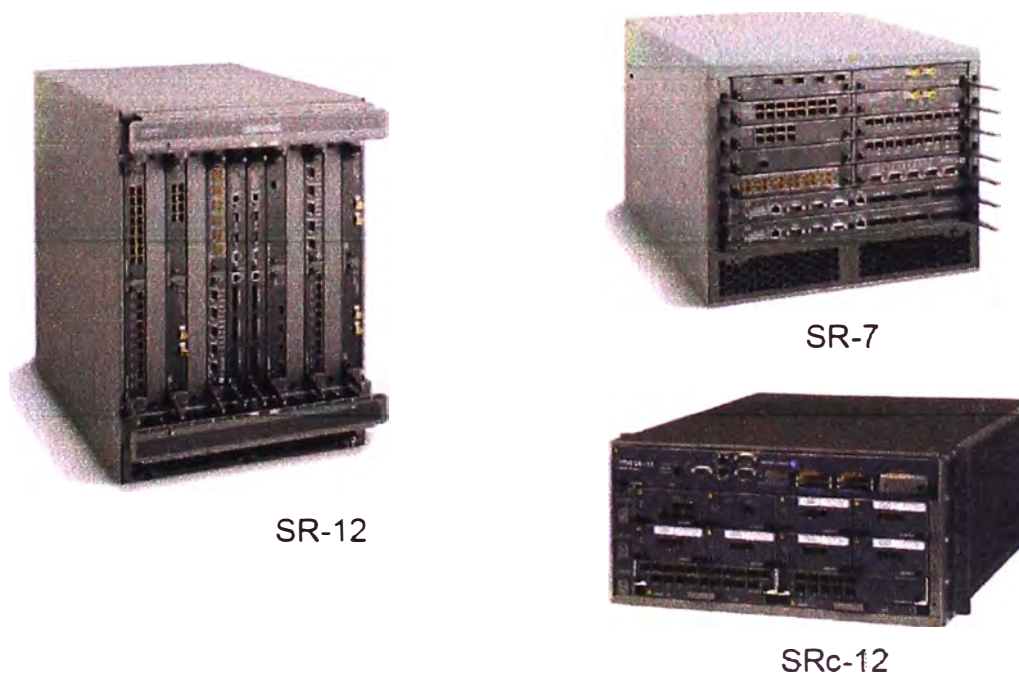
encaminadas a incrementar la eficiencia de la red de transporte. Los fabricantes ofrecen equipos capaces de agregar y optimizar el tráfico. A su vez *Ethernet* permite que el *backhaul* sea independiente del tipo de tráfico, permitiendo una rápida expansión de la red y respondiendo rápidamente a las demandas de crecimiento con opciones de backhaul IP de banda ancha de bajo costo.

En este capítulo se darán a conocer las características principales de las funcionalidades de los equipos del fabricante Alcatel-Lucent, que incorpora tecnologías emergentes que necesita una infraestructura de prestación de servicios para que pueda ofrecer más ancho de banda, con una entrega flexible y fiable a más clientes al mismo tiempo, con un aumento de las garantías de nivel de servicio.

A continuación se describirán las soluciones desarrolladas por el fabricante Alcatel-Lucent; como son los Routers de Servicio de la serie SR-7750 y los Routers de Servicio de Agregación de la Serie SAR-7705.

#### 4.2.1 Router de Servicio

El router de servicio SR-7750, es desarrollado por Alcatel –Lucent a fin de optimizar la entrega de alto rendimiento en el transporte de datos, voz y servicios de video. El router de servicio SR-7750 es un router multiservicio de borde superior con características específicas de sistema, enrutamiento y capacidades de servicio que han hecho de estos equipos entre los más sobresalientes en el mercado, con lo cual estando presente en más de 50 lanzamientos de infraestructuras de servicios de nueva generación en el mundo.



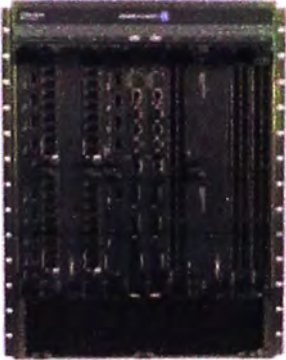


**Figura 4.9.-** Modelos de Routers de Servicio SR-7750.



El router de servicio SR-7750 integra la escalabilidad, la flexibilidad y la previsibilidad de MPLS, junto con el ancho de banda y la economía de *Ethernet* y una amplia selección de interfaces por esta razón está disponible en varios modelos cada uno con ciertas características de capacidad y funcionalidad dependiendo del tipo de entorno en donde se lo requiera, como se puede ver en la *Figura 4.9*. De modo que una infraestructura de red sea convergente para la prestación de servicios de próxima generación.

### Características y ventajas

- Software de alta disponibilidad y una arquitectura de hardware que permite brindar la capacidad exacta a los servicios.
- Posee una plataforma de entrega de servicio flexible.
- Capacidad para el procesamiento de paquetes completamente programables y colas por servicio jerárquicos.
- Todos los routers de esta serie soportan redundancia de energía como de controladoras, posee además bandejas de ventilación que aseguran su temperatura en los márgenes permitidos.

		
<b>7750 SR-12</b>	<b>7750 SR-7</b>	<b>7750 SR-c12</b>
2 Tb/s	1 Tb/s	90 Gb/s
12 slots (10 user slots) in 1/3 rack	7 slots (5 user slots) in 8RU	12 compact slots (or 3 full slots)
High Availability, ISSU	High Availability, ISSU	High Availability, ISSU
Terabit IP/MPLS multiservice router	Mid-scale IP/MPLS multiservice router	Small POP router for SPs & Verticals

**Figura 4.10.-** Características resaltantes de los Routers de Servicio SR-7750.

-Migración rentable de una red basada en T1/E1, a una red más económica y flexible como la IP/MPLS, aprovechando las características Ethernet sobre un amplio rango de servicios

de primer milla.

- Resistencia y redundancia, entre ellas: redundancia en caso de falla, redundancia de sincronización, y redundancia en las fuentes de poder.

- Permite a los operadores de servicio, operaciones consistentes, confiables y gestión a la hora de desplegar *Ethernet* (VLL, VPLS), IP / MPLS (IP VPN), el legado de (ATM, TDM, POS), y/o servicios móviles.

- Aplicación jerárquica altamente flexible de QoS con soporte de hardware para la configuración de múltiples niveles y jerarquías ya proporciona las herramientas para definir y aplicar las más estrictas SLA (acuerdo de nivel de servicio) para servicios diferenciados.

- Admite la funcionalidad IP para proporcionar servicios IP/MPLS VPN a través de la configuración de OSPF, ISIS, BGP4, MP-BGP, enrutamiento estático y reenvío IP, además incluyendo funciones para MPLS LDP y la señalización RSVP-TE y RIP como protocolos de enrutamiento.

En el apartado Anexo C se adjunta la ficha técnica de cada uno de los equipos de esta serie, donde se detallan con mayores especificaciones las características físicas y técnicas del equipo.

#### **4.2.2 Router de Agregación de Servicio**

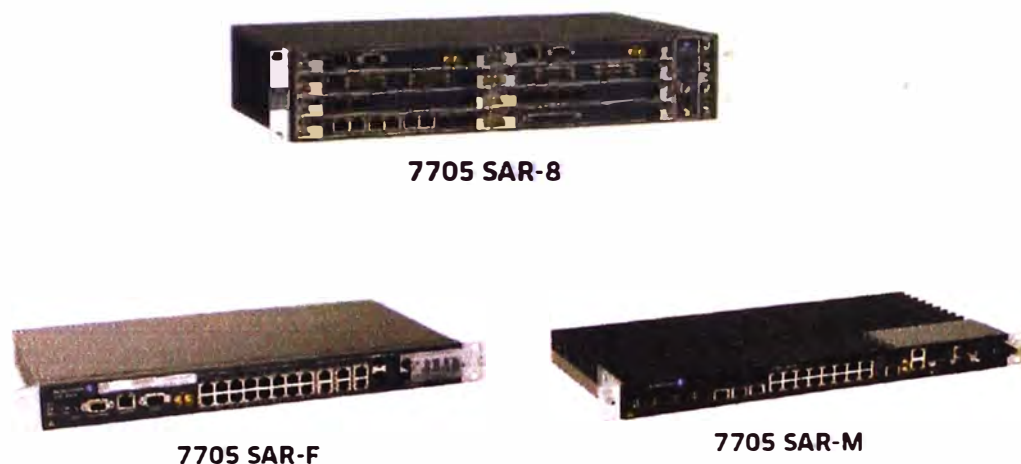
Los Routers de Agregación de Servicio SAR-7705 constituyen una plataforma de agregación al límite proveyendo capacidades superiores en pseudos circuitos y redes IP/MPLS. Esto nos dirige a un análisis de costo – beneficio, que es muy rentable para los operadores de servicio, puesto que es fundamental en la solución para el transporte en redes escalables, como es el caso para las redes de acceso móvil por radio, conocidos como RAN (*Radio Access Network*).

El router de agregación de servicio SAR-7705, sobresale en la concentración de tráfico, pero además adaptándolo a una infraestructura normalizada IP/MPLS aprovechando los medios de comunicación disponibles, especialmente el Ethernet, el cual es sobre todo, escalable y muy rentable. También es, muy efectivo en el transporte de tráfico tradicional como T1/E1, tal como en el transporte de una línea privada sobre una infraestructura modernizada

Sus prestaciones de soporte para la Calidad de Servicio, administración de tráfico, funciones de aprovisionamiento y su disponibilidad ante fallos; hace posible que el proveedor de servicios proporcione servicios constantes y superiores a sus clientes.

El diseño futurista de una arquitectura flexible, permiten direccionar futuros requerimientos de agregación. Construido sobre el mismo exitoso software que los Routers de Servicio (SR), el SAR-7705 permite la creación de una soluciones extremo a extremo para soportar y capitalizar el crecimiento del mercado de agregación móvil.

El Router de agregación de Servicio SAR 7705 es ideal para la agregación, red de retorno y envío de tráfico móvil de 2G, 3G y LTE. Al igual que los Routers de Servicio está disponible en varios modelos cada uno con ciertas características de capacidad y funcionalidad dependiendo del tipo de entorno en donde se lo requiera, como se puede ver en la *Figura 4.11*.



**Figura 4.11.-** Modelos de Routers de Servicio SAR-7705.

### **Características y ventajas**

- Procesamiento de servicios nativos de tráfico de 2G, 3G y 4G (LTE).
- Posee plataformas con capacidades de convergencia de redes de acceso móvil.
- Gestiona múltiples protocolos de transporte.
- Ofrece una mezcla flexible de módulos y tarjetas (Interfaces Multi – puertos T1/E1, 10/100 *Ethernet* y *Gigabit Ethernet*), mismas que convergen con ATM, TDM y Ethernet sobre la nueva era de MPLS.
- Conectividad a través de *Fast Ethernet*, *Giga Ethernet* y n x T1/E1.
- Migración rentable del *backhaul* basado en E1/T1 hacia una plataforma económica y como IP/MPLS.
- Redundancia de sincronización, poder de recuperación y redundancia de red así como en la alimentación del equipo; estas características permiten mejorar el tiempo de actividad y/o disponibilidad de la red.
- Sincronización precisa que permite una implementación rentable de paquetes (menor

pérdida de datos y un mínimo de llamadas perdidas en aplicaciones móviles).

-Amplía el servicio de enrutamiento IP/MPLS con capacidades dinámicas en el sitio remoto, *hubs* y bordes de la red en factores de forma compacta, con bajo consumo de energía.

-Transición de conectividad PDH hacia *Ethernet* y/o la creación de redes basadas en IP, con lo cual la infraestructura de red puede reducir considerablemente los gastos recurrentes de operación y mantenimiento, así como también los costos de arrendamiento de línea.

		
<b>7705 SAR-F</b>	<b>7705 SAR-M</b>	<b>7705 SAR-8</b>
1 Gb/s FD	2.5 Gb/s FD	6 Gb/s FD
Small sites	Small – Sites	Small – medium aggregation sites
Hardened	Modular	

**Figura 4.12.-** Características resaltantes de los Routers de Agregación Servicio SAR-7705.

En el apartado Anexo C se adjunta la ficha técnica de cada uno de los equipos de esta serie, donde se detallan con mayores especificaciones las características físicas y técnicas del equipo.

## **CAPITULO V**

### **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE**

#### **5.1 Premisas para la Optimización**

La optimización que se plantea para la red de transporte, se llevara a cabo mediante un diseño descriptivo de una red de transporte multiservicio, luego a partir de eso, se diseñara una red básica para aplicar todo lo descrito.

Entonces de manera general, para poder realizar el despliegue de una red de transporte multiservicio es necesario realizar algunos trabajos preliminares para la implementación de los equipos multiservicio necesarios en la red, para que por medio de estos se pueda brindar los servicios a través de una conmutación basada en paquetes. Por tanto los trabajos preliminares más importantes a realizar en la red de transporte serán:

- Realizar un dimensionamiento de la capacidad total de ancho de banda de la red transporte.
- Realizar un dimensionamiento del tráfico total de los servicios 2G y 3G de la red transporte.
- Realizar el dimensionamiento del número total de estaciones bases (*Sites*) compartidas (por 2G y 3G) en la red transporte.
- Realizar la planificación y creación de la red IP/MPLS tomando énfasis en la sección de agregación y distribución con equipos multiservicio y medios propios.
- Establecer un calendario y/o cronograma de las etapas de migración de los equipos de transporte tradicional hacia la nueva red de equipos multiservicio.

Al realizar los puntos anteriores se podrá desplegar la nueva red de transporte multiservicio de forma eficaz y productiva, además, se lograra la optimización de los Costos de Inversión (CAPEX) y los Costos de Operación (OPEX), sobre todo cuando la red ya se encuentre desplegada.

A continuación en el siguiente apartado se verán los parámetros de diseño necesarios para la implementación de la red.

#### **5.2 Parámetros del Diseño de la Red Transporte**



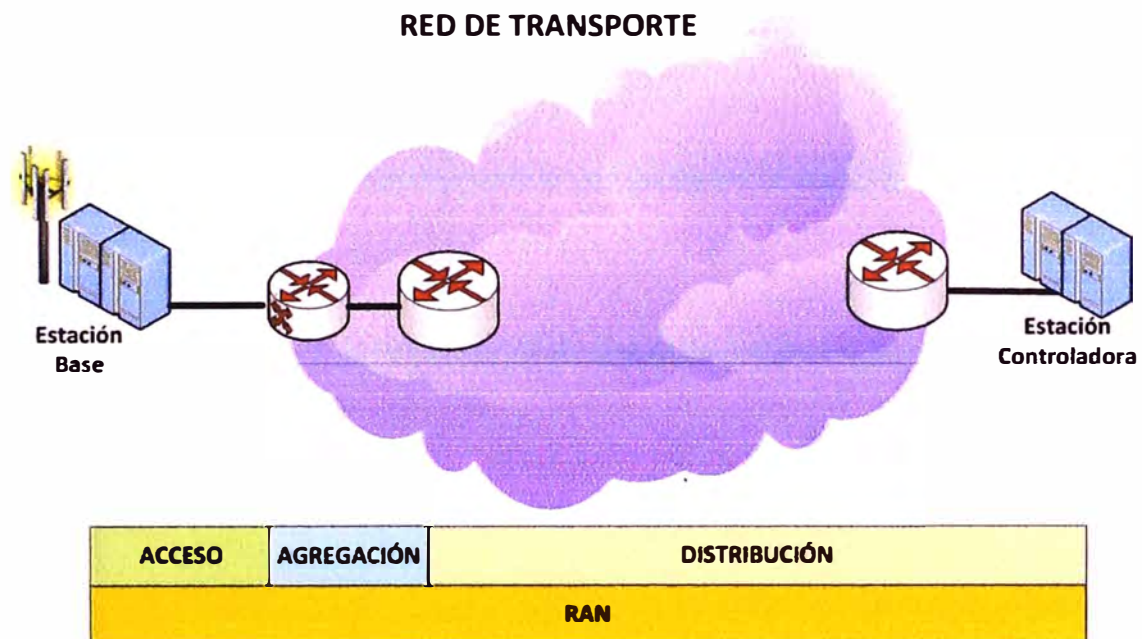
Para poder realizar el diseño se establecerán consideraciones como la topología de la red, tipos de protocolos de enrutamiento y de señalización, así como los servicios para la virtualización de la red.

### 5.2.1 Topología de la red:

La topología física de la red estará compuesta por anillos ópticos, es decir se reutilizará la infraestructura existente, dado que los operadores poseen en su mayoría este tipo de infraestructura física.

La topología de la red también sugiere una conexión *full mesh* virtual, es decir, una red totalmente mallada, con esto cada sitio o estación base, que pertenezca a la misma VPN puede comunicarse con cualquier otro sitio que se encuentre dentro de la misma VPN utilizada, independientemente de que sea una VPN capa 2 o capa 3.

Así mismo la topología de la red estará compuesta por tres etapas: agregación, distribución y concentración, como se puede apreciar en la *Figura 5.1*.



**Figura 5.1.-** Etapas de la red de Transporte – RAN.

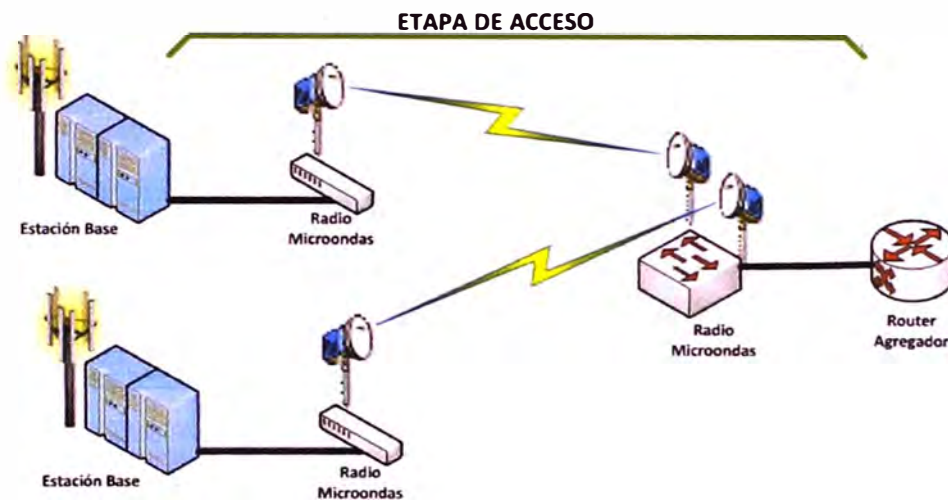
#### a. Etapa de Acceso

En esta etapa se proporciona la conectividad a la última milla entre las estaciones base y la red *backhaul*. Se puede utilizar múltiples tecnologías de enlaces físicos (microondas, fibra óptica). En esta etapa se transporta el tráfico desde la Estación base hasta el nodo de Agregación de la red MPLS. Esta puede ser una combinación de radios TDM, *Full IP* o híbridos dependiendo del tráfico que estén transportando o del tipo de infraestructura tradicional que posea.



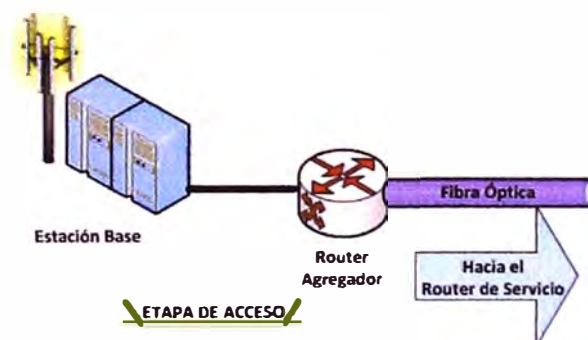
**Figura 5.2.-** Etapa de Acceso con infraestructura Tradicional.

En el caso de radios Ethernet y/o híbridos es posible que aparte de las funciones propias de transporte, los radios también hagan *Ethernet Switching*. Como se puede apreciar en la *Figura 5.3*.



**Figura 5.3.-** Etapa de Acceso con *Ethernet Switching*.

El operador podrá seguir utilizando la misma infraestructura tradicional como en la *Figura 5.2* o *Figura 5.3*, o migrar implementado los routers agregadores SAR-7705 en las Estaciones Base conjuntamente con enlaces de Fibra Óptica hacia los Router de Servicio SR-7750 . Como se puede apreciar en la *Figura 5.4*.

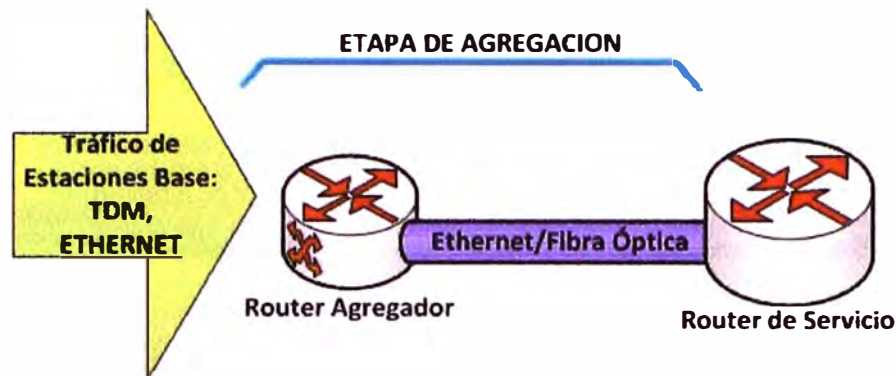


**Figura 5.4.-** Etapa de Acceso con infraestructura implementada.

## b. Etapa de Agregación

En esta etapa en el nodo de agregación se encarga de agregar todo tipo de tráfico y

convergerlo sobre un mismo transporte (*Ethernet*) que puede ser a través de diferentes medios: fibra óptica, cobre o microondas, sin embargo hoy en día se prefiere implementar esta etapa a través de fibra óptica, como se puede ver en la *Figura 5.5*.



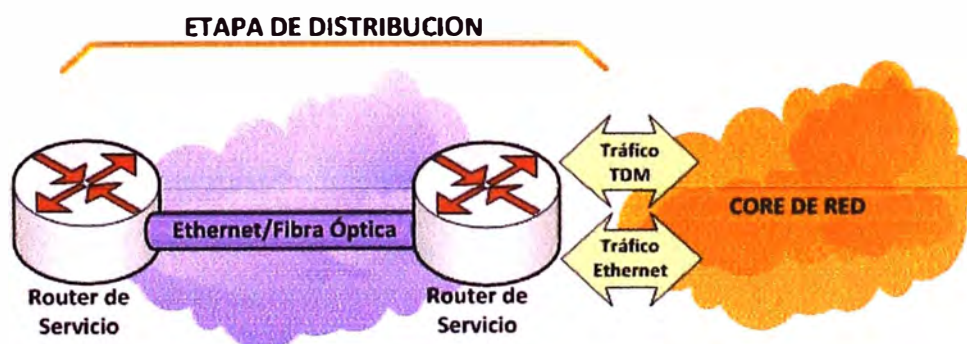
**Figura 5.5.-** Etapa de Agregación.

También se incluyen en esta etapa mecanismos para manejar la calidad de servicio y realizar protección de tráfico de tal forma que se tenga una red con bastante confiabilidad.

A su vez se encarga de adaptar los diferentes tipos de servicios para que puedan ser transportados en forma transparente sobre la red MPLS, es decir que el tráfico de los diferentes servicios no se mezcle entre sí a pesar de que todos están compartiendo en forma dinámica un mismo transporte y ancho de banda, aquí es donde se utiliza VPNs para los servicios que se implementan sobre MPLS.

### c. Etapa de Distribución

En esta etapa se recibe, agrega y distribuye el tráfico hacia y desde el *core* de la red. La etapa de distribución es la que mayor prioridad tiene al momento de implementar una red IP RAN. Así mismo se produce una clasificación del tráfico que llega hacia el *core*, es decir, a través del router de distribución se dirige el tráfico hacia las Estaciones controladoras, la central de voz, el Internet, servidores, etc.



**Figura 5.6.-** Etapa de Distribución

## 5.2.2 Protocolos

### a. Protocolo de Enrutamiento

El protocolo de enrutamiento que se utilizara para los distintos anillos de fibra óptica OSPF es configurado bajo la misma área *backbone* (área 0), a continuación se mencionan beneficios de esta configuración:

- Posee una configuración simple y de fácil resolución de problemas, en lo que respecta a la planificación de la red se tiene la misma configuración en todos los elementos de la red. No hay necesidad de buscar soluciones de problemas en zonas mal configuradas, tan sólo buscar en la configuración de enlaces individuales.

- Se pueden crear LSPs de extremo a extremo; para esto, se necesita conocer la dirección de *loopback* (/32) del nodo de destino para poder establecer el LSP. Esto es posible gracias al despliegue de una sola área.

- Tanto la Ingeniería de tráfico con LSPs de extremo a extremo, como OSPF – TE y RSVP – TE, son protocolos de área opaca, es decir, nunca traspasan sus bordes. El despliegue de OSPF por una sola área hace posible establecer LSPs extremo a extremo que se encuentran en diferentes anillos, reduciendo así el tiempo de recuperación ante un posible fallo en la red.

- La escalabilidad de los equipos ALU soporta hasta 255 equipos en una sólo área en el despliegue de OSPF. La topología de la base de datos se mantiene siendo muy simple ya que sólo la dirección de la interfaz de sistema y las direcciones de enlace se intercambian.

#### **b. Protocolos de Señalización**

Como protocolos de señalización de etiquetas se utilizara los siguientes:

- RSVP-TE:** A fin de brindar calidad de servicio (QoS) se debe utilizar el protocolo de señalización RSVP – TE para el transporte de intercambio de etiquetas, dado que permite el manejo de ingeniería de tráfico basándose en los recursos que el flujo de datos requiere y en los recursos disponibles en toda la red. Al mismo tiempo este protocolo admite protección de caminos y por medio de los mensajes que utiliza se puede determinar si un camino o ruta está o no activo.

- T-LDP:** A fin de poder realizar la señalización de las etiquetas en los extremos de los servicios, se utilizara *Targeted-LDP*, además que es mucho más fácil de usar que MP – BGP.

#### **5.2.3 Servicios de Virtualización**

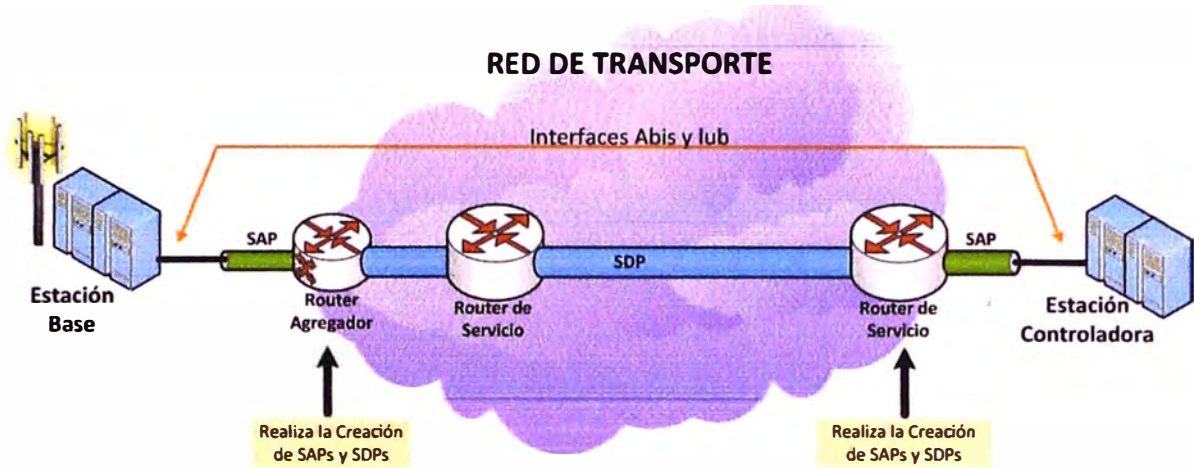
Los servicios que se tendrán que virtualizar en la red mediante VPNs serán al tráfico TDM proveniente de la interfaz *Abis* correspondiente las estaciones base 2G (BTS) y al tráfico Ethernet proveniente de la interfaz *lub* correspondiente de las estaciones base 3G (Nodo B).

Para tal efecto se utilizaran VPNs de Capa 2 (VPWS - *Virtual Private Wire Service*)



mediante el uso de *pseudowires*; que como se los describió en el capítulo anterior, son servicios que proveen conexión punto a punto entre dos nodos de una red IP/MPLS. Estos servicios son:

- Cpipe* para el tráfico TDM.
- Epipe* para el tráfico Ethernet.

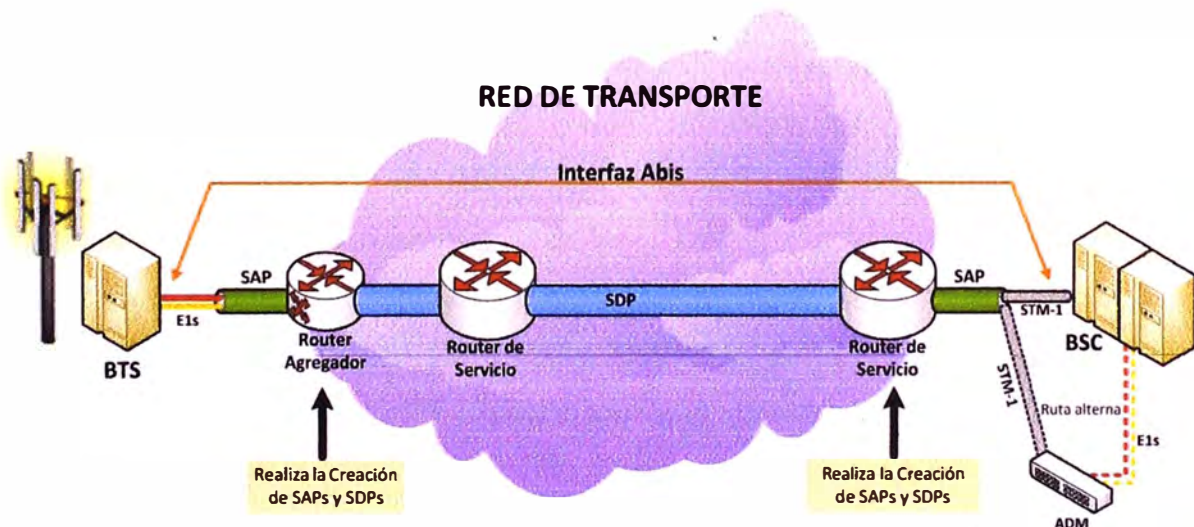


**Figura 5.7.-** Creación de SAPs y SDPs en la Red Transporte.

Esta virtualización se llevara a cabo mediante la creación de SAPs (*Service Access Points*) y SDPs (*Service Distribution Paths*) al ingreso y egreso de la red de transporte, vale decir en los extremos de la red MPLS, como se muestra en la *Figura 5.7*.

El tráfico de las estaciones base tendrá el siguiente tratamiento en el ingreso y egreso del servicio VPWS.

**a. Para el tráfico TDM:**



**Figura 5.8.-** Emulación de la interfaz *Abis* en la Red Transporte.

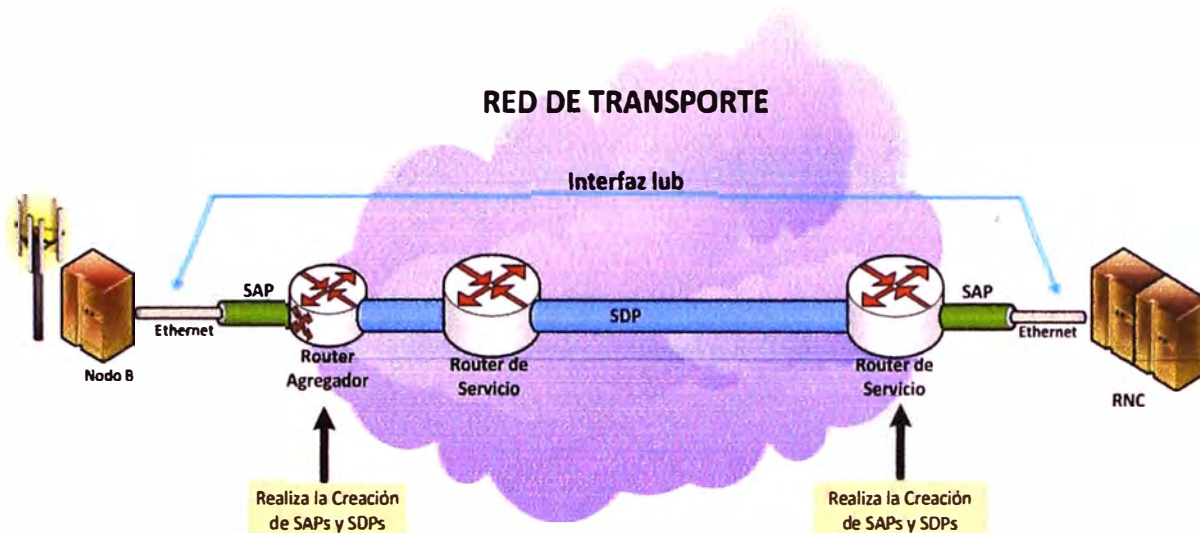
El tráfico TDM de la interfaz *Abis* proveniente de la BTS, ingresara al router agregador SAR-7705 mediante E1s, el cual creara para este el *pseudowire Cpipe* para esto tendrá



creado un SAP y SDP, específico para el tráfico de esta BTS.

En su egreso del *pseudowire Cpipe* el tráfico TDM de la BTS, lo realizara a través del router de servicio SR-7750 que tenga conexión directa a su correspondiente BSC, para lo cual tendrá creado también un SAP y SDP, específico. El tráfico TDM será entregado a la BSC mediante enlaces STM-1s, o previo un salto a través de un ADM (*Add Drop Multiplexer*) para la entrega mediante E1s, como se aprecia en la *Figura 5.8*.

#### b. Para el tráfico Ethernet:



**Figura 5.9.-** Emulación de la interfaz *lub* en la Red Transporte.

El tráfico Ethernet de la interfaz *lub* proveniente del Nodo B, ingresara al router agregador SAR-7705 mediante un enlace Ethernet, el cual creara para este el *pseudowire Epipe* para esto tendrá creado un SAP y SDP, específico para el tráfico de este Nodo B.

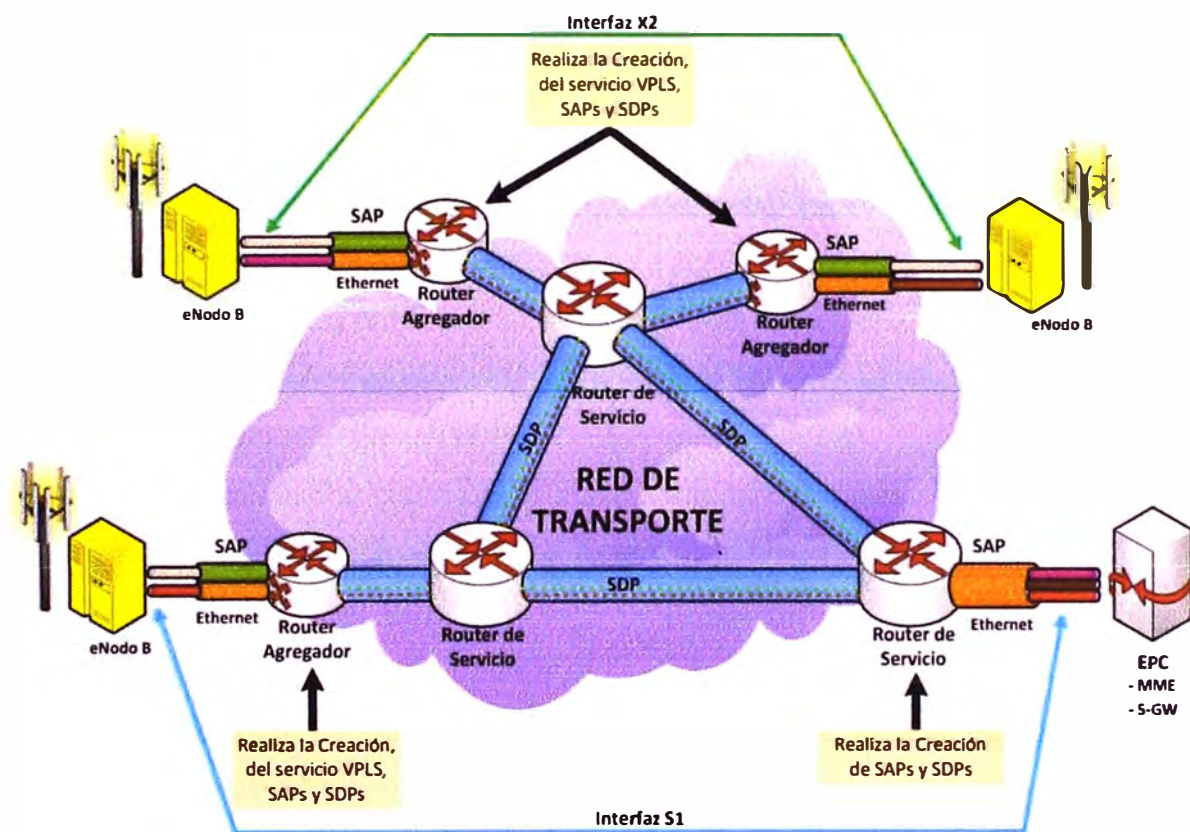
En su egreso del *pseudowire Epipe* el tráfico Ethernet del Nodo B, lo realizara a través del router de servicio SR-7750 que tenga conexión directa a su correspondiente RNC, para lo cual tendrá creado también un SAP y SDP, específico. El tráfico del Nodo B será entregado a la RNC mediante un enlace Ethernet, como se muestra en la *Figura 5.9*.

### 5.3 Alcances para el transporte de tráfico 4G (LTE)

El tráfico total estará conformado por dos interfaces, una de estas la interfaz *X2* que interconecta entre sí a todos los eNB pertenecientes a un grupo lógico y la interfaz *S1* que conecta a estos eNB con la EPC. Ambas interfaces generan tráfico *Ethernet*, pero con distintos fines, por tanto de acuerdo a lo descrito en el apartado 2.3 sobre las características de estas dos interfaces, se plantea emplear las VPNs de multipunto a multipunto de Capa 2 o VPLS para la emulación de la interfaz *X2* y VPNs de punto a punto de Capa 2 o VPWS para la emulación de la interfaz *S1*.

Para el caso de la interfaz *X2*, puesto que todos los eNB están en una conexión *full mesh* virtual, es decir conectados todos entre sí, se tendrá que crear un servicio *pseudowire Epipe* por cada eNB del grupo lógico, así mismo poseerá un SAP y SDPs específicos por cada eNB, cabe señalar también que se tendrá que habilitar el servicio VPLS, para esto se creara el servicio VPLS con un número de identificación de servicio (ID de Servicio) para que pueda nombrar el grupo lógico al que pertenecen los eNB en *full mesh* y a su vez para poder habilitar el intercambio de tablas FDB (tabla de direcciones MAC). Como se puede apreciar en la *Figura 5.9*.

Para el caso de la interfaz *S1*, dado que es una conexión punto a punto entre cada eNB y la EPC, bastará al igual que una conexión entre un Nodo B y su correspondiente RNC, crear un servicio *pseudowire Epipe* para esto también tendrá creado un SAP y SDP. Como se puede apreciar en la *Figura 5.10*.



**Figura 5.10.-** Emulación de la interfaces *S1* y *X2* en la Red Transporte.

Cabe señalar que también es posible plantear como solución para la emulación de ambas interfaces, empleando VPNs de dominio enrutado de Capa 3 o VPRN, pero esto incurre en algunos problemas de coexistencia con las redes que aun poseen tráfico TDM.

Debido a que las VPRNs son basadas en IP, se necesitara que los dispositivos finales de los clientes soporten pilas de IP, Esto no representa un problema para las redes 3G

como UMTS/HSDPA (Basado en IP/Ethernet a partir de la *Release 5*) o CDMA (en sus especificaciones más recientes basadas en IP). Sin embargo las redes 2G como GSM/EDGE no están basadas en IP y por ende el tráfico generado por estas redes no puede ser transportado utilizando VPRNs. Mientras que ocurre lo contrario con VPWS, que proporciona un transporte transparente del tráfico como es el caso del servicio *Cpipe* para TDM, que brinda de esta manera una buena alternativa para enfrentar este problema.

Por otro lado, las VPRNs necesitan de alta interacción entre las áreas de transporte y acceso dentro del operador de servicio, puesto que entre ambas áreas necesitan crear una planificación de IPs (*IP Planning*) de la red, incrementando con esto el tiempo para el diseño e implementación, y con ello el tiempo de comercialización. No obstante, las VPRNs no dejan de ser importantes, sobre todo en futuro cercano cuando todas las redes existentes se basen solo en IP.

## **5.4 Estimación de la Demanda de Tráfico y el Factor de Overbooking**

### **5.4.1 Factor de Overbooking**

Debido a que el ancho de banda entregado al Agregador sólo puede ofrecer una cierta cantidad de capacidad, entonces es necesario comprender la demanda de tráfico. La parte compleja de esto es el análisis de las horas pico de diferentes tipos de abonado y de los perfiles de tráfico. El resultado deseado es el factor de sobreventa conocido como Factor Overbooking (OBF), que describe el nivel de multiplexación o el número de usuarios que comparten un canal o una capacidad dada.

Las entradas principales para analizar el OBF son los siguientes:

- La variedad de los tipos tráficos y análisis de la hora cargada.
- Densidad de suscriptores.
- Volumen de datos por usuario.
- Velocidad de datos pico y media.
- Perfiles de tráfico diario.

En toda etapa de la planificación de la cobertura de la red acceso, es necesario realizar también la planificación de capacidad del tráfico, esta deberá realizarse de forma separada para las diferentes áreas de servicio (urbana, suburbana y rural).

Si se utiliza los requisitos de ancho banda correspondiente a la hora del tráfico pico, entonces con ello se estaría realizando un sobredimensionamiento de la capacidad. Con ese uso se estaría perdiendo recursos importantes de ancho banda en otras horas del día cuando exista niveles de tráfico medianos y con ello el costo de la red pasaría a ser mucho mayor.

Por esta razón, es muy importante definir el Factor Overbooking (OBF).

OBF es el número promedio de usuarios que pueden compartir una unidad de canal. La unidad de canal utilizado en el dimensionamiento es la velocidad pico de datos.

Si se supone una carga de canal al 100%, entonces el OBF es simplemente igual a la relación entre las velocidades pico y media (*PAR - Peak to Average Ratio*) también conocida como factor de simultaneidad.

Sin embargo, no es fiable dimensionar la red con el 100% de carga. Por lo tanto, para esto se introduce el parámetro de factor de utilización o factor de uso (*UF - Utilisation Factor*). En la mayoría de redes de datos, el factor de uso es menos del 85% con el fin de garantizar la calidad de servicio (QoS). Así que cuanto mayor sea este parámetro, mayor será el tiempo medio de espera para los usuarios que acceden al canal y con esto se formaran encolamientos del tráfico de datos. Por lo tanto, el factor de Overbooking se deriva de la siguiente manera:

$$\text{OverbookingFactor} = \text{PeakToAverageRatio} * \text{UtilisationFactor}$$

#### 5.4.2 Calculo de la Capacidad.

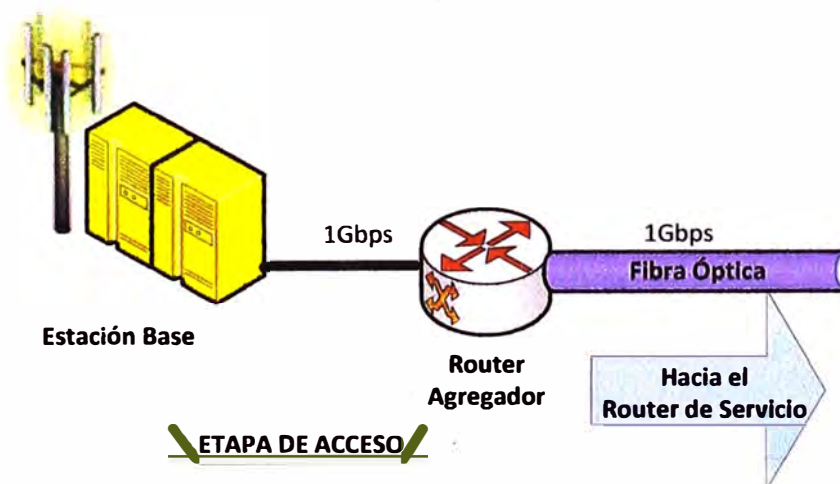
Con base en el factor de overbooking OBF que se describió anteriormente se podrá realizar el cálculo de la velocidad de datos total (*Overall Data Rate*) que se requiera. A continuación se presenta el cálculo de la capacidad:

$$\text{OverallDataRate} = \text{NumberOfUsers} * \text{PeakDataRate} * \text{OverbookingFactor} \quad (a)$$

También se puede hallar el número necesario de estaciones para soportar el cálculo anterior de la capacidad de tráfico total es el siguiente:

$$\text{OverallDataRate} = \text{NumSitesCapacity} / \text{SiteCapacity}$$

**Ejemplo:**



**Figura 5.11.-** Estación base 4G con 1Gbps de capacidad.

Para el caso que se posea una estación 4G, el cual ofrezca velocidades pico de conexión de datos o internet de 120Mbps, con un Overbooking de 1:10 (10%), se requiere calcular la cantidad de usuarios atendidos en hora pico.

La estación base se conecta mediante un 1Gbps al Agregador, como se muestra en la *Figura 5.11*:

$$\text{OverallDataRate} = \text{BWagregador} = 1\text{Gbps} = 1024\text{Mbps} \quad (\text{b})$$

$$\text{OverbookingFactor} = 10\% \quad (\text{c})$$

Entonces el número de usuarios atendidos en hora pico sobre un enlace de 1Gbps de capacidad será el siguiente:

(b) y (c) en (a):

$$1024 = \text{NumberOfUsers} * 120 * 10\%$$

$$\text{NumberOfUsers} = 85.3$$

Entonces el enlace soportara alrededor de 85 usuarios conectados a la estación 4G en hora pico, o cuando se encuentre sobrecargado.

## 5.5 Diagrama de la Red

A continuación se mostrara en la *Figura 5.12*, el diagrama general de la red. El cual está conformado por:

- Un anillo Óptico DWDM de 10GE, que por lo general pertenece a la red transporte tradicional del operador, por tanto se realizara una reutilización de la infraestructura existente. Pero se sugiere incrementar o contar con un anillo mayor capacidad.

- Routers Agregadores SAR-7705, ellos se encuentran conectados a los Routers de Servicio con conexiones 1GE. Más de un Router Agregador podrá estar conectado a un Router de Servicio, dependiendo de la capacidad de este último; así mismo más de una estación base puede conectarse a un Router Agregador dependiendo también de la capacidad de este último.

- Routers de Servicio SR-7750, el esquema de sus ubicaciones en la topología, depende de su capacidad de distribución en la red, es decir los Routers de Servicio que estén directamente conectados a routers agregadores poseerán menor Capacidad (En este el caso de los SR-7) que los Router de Servicio (SR-12) que se encuentren conectados a las estaciones controladoras (BSC y RNC), debido a la gran concentración y distribución de tráfico poseen que estos últimos.

- Estaciones controladoras BSC y RNC, ellas estarán asociadas a determinados grupos lógicos de BTS y Nodos B. La conexión a los RNC se realizara mediante conexiones de



1GE y a las BSC mediante STM-1s, alternativamente como se mencionó para la conexión con las BSC se puede realizar a través de un Multiplexor, para realizar la conexión mediante E1s.

-Las estaciones base BTS y Nodo B, que dependiendo del grupo lógico al que pertenezcan estarán asociados a una BSC y RNC correspondiente. Cabe señalar que el acceso al Router Agregador puede ser por medio de una conexión directa o a través de otro equipo como una Radio Microondas o un Multiplexor.

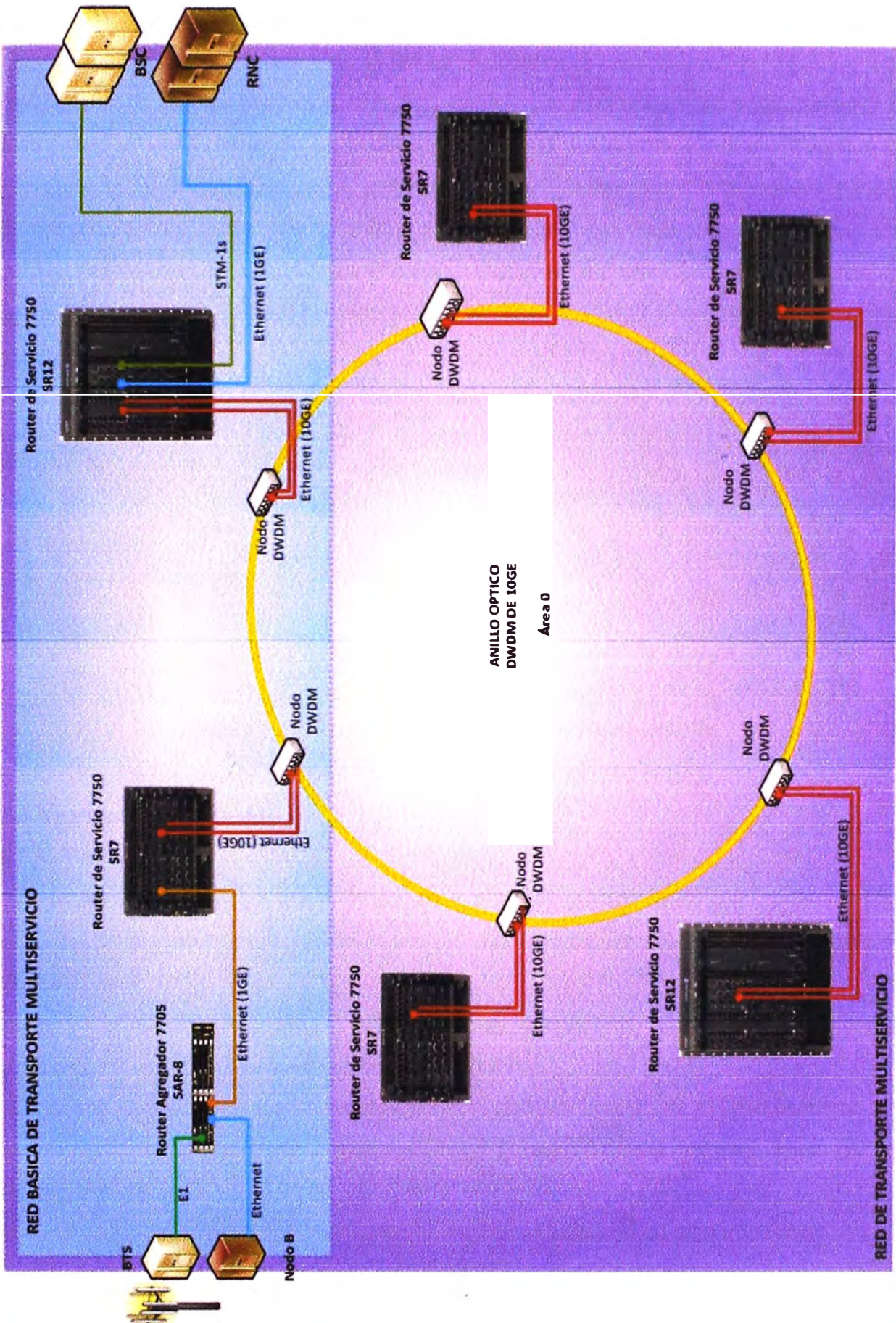


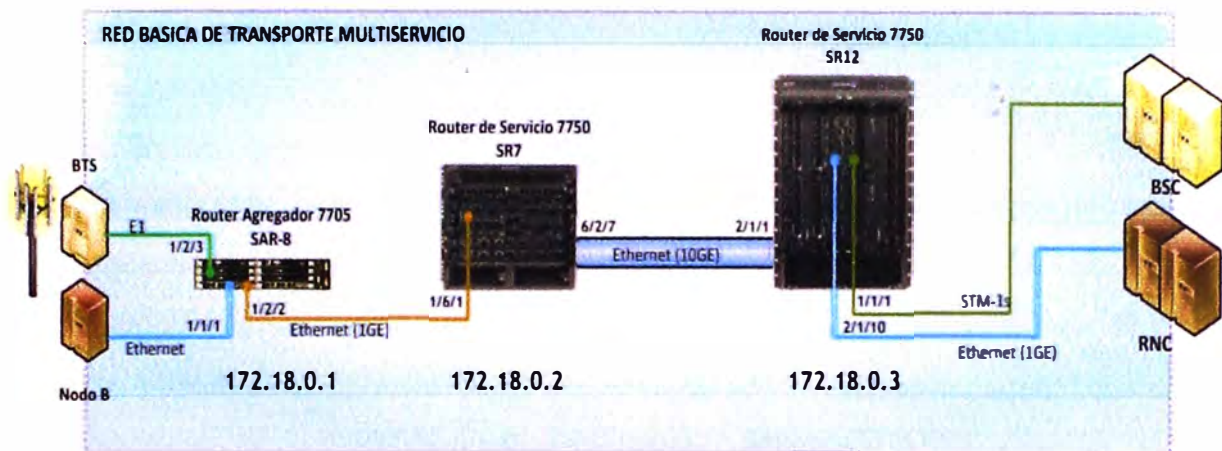
Figura 5.12.- Diagrama General de la Red de Transporte Multiservicio.



## 5.6 Red Básica a Implementar

Para realizar la optimización de la red de transporte, se tomara como referencia a una parte común de esta red propuesta en la *Figura 5.12*, que denominaremos como red básica, para poder aplicar lo señalado en el diseño descriptivo. Cabe repetir que no se realiza la implementación detallada de toda la red, debido a que esta depende fundamentalmente del tipo de dimensionamiento y las necesidades que posee la red de cada operador en especial.

La composición de la red básica se puede apreciar en la *Figura 5.13*. En los siguientes apartados se mostrara la configuración básica del sistema propuesto, ya que son necesarios para la implementación.



**Figura 5.13.-** Red Básica de Transporte Multiservicio.

En el apartado Anexo-II se adjunta la configuración de la red básica.

## 5.7 Ventajas y desventajas

### 5.7.1. Ventajas

Las principales ventajas que podemos mencionar son las siguientes:

- Una red de transporte multiservicio es una red simplificada, rentable, fácil de desplegar, y fácil mantener.
- Esta red brinda una variedad de soluciones para la cobertura inalámbrica de las redes celulares, así como mejora la capacidad del backhaul.
- Logra una Reducción de los Costos de Capital (CAPEX): Esta nueva red puede ofrecer un ahorro significativo comparado con el despliegue de una red tradicional, reduciendo gastos de implementación.
- La red permite a un operador desplegar una capacidad adicional en un punto cualquiera de la red, en donde crea que es necesaria.
- Logra reducción de los costos de Operación (OPEX): Puesto que el uso de IP en toda la red, proporciona enormes ahorros en los gastos de operación, dado que integra toda la

infraestructura sobre una tecnología de transporte, además que proporciona soluciones escalables extremo a extremo.

-Genera mayor fiabilidad y seguridad, puesto que con esta nueva red se puede ofrecer QoS garantizado en toda la red, desde el sitio del cliente hasta la capa de acceso y la red de *Core*.

-Esta de red proporciona soporte para los nuevos servicios ofreciendo garantía para la demanda del ancho de banda y QoS, con lo que se aumentará la satisfacción del cliente.

-Admite la integración del *backhaul* de las redes de telefonía móvil 2G, 3G por medio de la convergencia hacia IP; a su vez está preparada el medio de transporte para el despliegue de redes telefonía móvil 4G.

### **5.7.2. Desventajas**

Entre las más importantes, se mencionaran las siguientes:

-La desventaja más resaltante será en la inversión del equipamiento, es decir al momento de la implementación de la red, el operador tendrá que realizar la gran inversión para la adquisición de nuevos equipos multiservicios, que le permitan el manejo de todo el tráfico de su red a través de la conmutación de paquetes.

-Otra desventaja es el aumento en el precio de los gastos operativos generados por la coexistencia de las redes 2G, 3G y próximamente con el despliegue de las redes de 4G; se producirá otro aumento significativo.

-La necesidad de brindar el soporte para esta nueva red de transporte, así como para los sistemas de gestión y O&M (operación y mantenimiento) tanto para TDM y Ethernet, se vuelve un tanto costoso, a causa de que se debe realizar otra inversión de capital en la capacitación del personal, para que se encuentren preparados de cómo afrontar cualquier problema en la red, sin importar que tipo de red sea (2G, 3G o 4G).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. La tecnología MPLS es una tecnología que trabaja en la “capa 2.5” a nivel de etiquetas, que basa su funcionamiento en protocolos de enrutamiento y aprovecha la infraestructura de tecnologías existentes y presenta una mayor disponibilidad y redundancia.
2. La tecnología MPLS proporciona una capacidad de enrutamiento muy avanzada en comparación con enrutamiento tradicional, utilizando para esto los protocolos actuales de capa 3; basándose, además no solamente en parámetros como la dirección destino, sino también, en el ancho de banda o la QoS; logrando en parte todo esto a través de la ingeniería de tráfico.
3. En esta nueva red con la características de la ingeniería de tráfico sumado a “*fast reroute*”, reduce el tiempo de convergencia de recuperación ante un fallo en la red a valores menores a 50ms. Esta es una ventaja fundamental en redes de operadoras de servicios móviles, ante la caída de un enlace y/o pérdida de paquetes.
4. En la actualidad con la demanda de tráfico datos por nuevas aplicaciones y las altas tasas de conexión a internet, exigen a las operadoras de telefonía móvil ofrecer nuevos servicios, y para esto es necesario implementar una nueva red transporte que le permita soportar todo esa demanda de tráfico de datos. Por tanto una red basada en IP/MPLS es la solución más versátil que se puede presentar en el mercado, para sofocar la demanda creciente de tráfico de datos.
5. Los Servicios VPNs punto a punto o VPWS (Capa 2) son la solución perfecta para el transporte transparente sobre una red IP/MPLS del tráfico de datos correspondiente a tecnologías como *Ethernet*, ATM o *Frame Relay*, que aún son utilizadas en algunas redes de transporte.
7. Con el despliegue de las redes de telefonía móvil 4G (LTE), por tanto, en los próximos años se espera mercado creciente con una gran demanda de tráfico de datos, para lo cual



los servicios VPN tales como VPRN (Capa 3) y VPLS (Capa 2) son fundamentales para el soporte de esta gran demanda.

8. El diseño de la red multiservicios que se planteó para optimizar la red de transporte tradicional, cumple con los requerimientos de última generación que una operadora de telefonía móvil deberá contar, para poder brindar el soporte de nuevos servicios, a su vez lograra el aprovechamiento de su infraestructura, sin tener que realizar una inversión extra que genere en el cambio total de su red actual.

### **Recomendaciones**

1. Las operadoras telefonía móvil deberán de implementar una red lo suficientemente robusta para soportar la creciente demanda de tráfico de datos, por ende la inversión que genera desplegar una nueva infraestructura de red es muy elevada, para esto es fundamental optar por una tecnología que aproveche esta inversión, de modo que brinde de forma óptima una solución de convergencia y reutilización de la infraestructura. Por tanto una red basada en IP/MPLS puede ser el camino a seguir.

2. Se debe realizar una transformación paulatina hacia esta nueva red , a fin de que este cambio sea totalmente transparente para el usuario y de cómo resultado el aumento de una cantidad de nuevo servicios y así la expansión o crecimiento de la red, sea relativamente simple evitando los cuellos de botella tradiciones causados por la actual arquitectura.

3. Para el diseño de esta red transporte multiservicios, se debe tener en cuenta que no todos los equipos existentes en el mercado son capaces de soportar todas las exigencias que esto demanda, los equipos Alcatel – Lucent ofrecen en su totalidad, los requerimientos que demanda una red transporte multiservicios.

4. Las Tecnologías como TDM, ATM y Frame Relay (siendo esta última menos utilizada actualmente), aún son necesarias en las redes de las operadoras, por tanto la opción es integrarlas, para poder gestionarlas de mejor manera.

5. Las operadoras de telefonía móvil deberán estar preparados para las futuras exigencias del mercado, ya que se encuentran cada vez más cerca la tendencia en la región de desplegar las redes 4G, y esto producto de que ya se está desplegando en países de primer nivel, y por ende muy pronto será imprescindible que la infraestructura actual tenga que soportar los nuevos servicios que llegaran con esta tendencia.

**ANEXO A**  
**GLOSARIO DE TERMINOS**

2G	2nd Generation
3G	3rd Generation
3GPP	3rd Generation Partnership Project
4G	4th Generation
ADM	Add Drop Multiplexer
A-pipe	Pipe for ATM
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AuC	Authentication Center
BGP	Border Gateway Protocol
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CAMEL	Customized Application for Mobile Network Enhanced Logic
CAPEX	Capital Expenditures
CE	Customer Edge
CES	Circuit Emulation Service
CN	Core Network
C-pipe	Pipe for Circuit Emulation Service
CR	Constraint-Based Routing
CR-LSP	Constraint-Based Routed Label Switched Path
CS	Circuit Switching
CSFP	Constrained Shortest Path First
DU	Downstream Unsolicited
DWDM	Dense wavelength Division Multiplexing
eBGP	Edge BG
ECMP	Equal Cost Multi – Path
EIR	Equipment Identity Register
eLER	egress Label Edge Router
eNB	Evolved Node B
EPC	Evolved Packet Core
E-pipe	Pipe for Ethernet
EPS	Evolved Packet System
ERO	Explicit Route Object

E-UTRAN	Evolved - UTRAN
EXP	Experimental
FDB	Forwarding Database
FDD	Frequency-Division Duplexing
FEC	Forward Equivalence Class
FF	Fixed Filter
FIB	Forwarding Information Base
F-pipe	Pipe for Frame Relay
GE	Gigabit Ethernet
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet radio service
GSM	Global System for Mobile
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
iBGP	Internal BGP
ID	Identification
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IGP	Interior Gateway Protocol
iLER	ingress Label Edge Router
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMS	IP Multimedia Subsystem
IN	Intelligent Network
IP	Internet Protocol
IP v4	Internet Protocol Version 4
IP v6	Internet Protocol Version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System
IWF	Interworking Function
LDP	Label Distribution Protocol

LER	Label Edge Router
LFIB	Label Forwarding Information Base
LIB	Label Information Base
LIFO	Last-In First-Out
LSP	Label Switched Path
LSR	Label Switching Router
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
ME	Mobile Equipment
MME	Mobility Management Entity
MP	Merge Point
MP-BGP	Multiprotocol BGP
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MPLS-TE	MPLS Traffic Engineering
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center
MTU	Maximum Transmission Unit
NAS	Non-Access Stratum
NGN	Next Generation Network
NMS	Network Management System
NSS	Network Switching Subsystem
O&M	Operation and Maintenance
OBF	Factor Overbooking
OPEX	Operational Expenditure
OSI	Open System Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PAR	Peak to Average Ratio
PCRF	Policy and Charging Rule Function
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDN	Packet Data Network
PDU	Protocol Data Unit
PE	Provider Edge



**ANEXO B**  
**CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS DE LA RED BASICA**

## 1. Configuración de Puertos

Los puertos para la habilitación de las interfaces serán como se los muestra en la Figura 5.13. A continuación la configuración de estas.

### SAR-8

#### \*port 1/1/1

```
A:7705SAR8# configure port 1/1/1
A:7705SAR8>config>port# description to BTS
A:7705SAR8>config>port# tdm e1
A:7705SAR8>config>port>tdm>e1> framing e1-unframed
A:7705SAR8>config>port>tdm>e1> channel-group 1 encap-type cem
A:7705SAR8>config>port>tdm>e1> back
A:7705SAR8>config>port>tdm>back
A:7705SAR8>config>port# no shutdown
```

#### \*port 1/2/3

```
A:7705SAR8#configure port 1/2/3
A:7705SAR8>config>port# description to NODOB
A:7705SAR8>config>port# ethernet
A:7705SAR8>config>port>ethernet> mode access
A:7705SAR8>config>port>ethernet> encap-type dot1q
A:7705SAR8>config>port>ethernet> mtu 1514
A:7705SAR8>config>port>ethernet> back
A:7705SAR8>config>port# no shutdown
```

#### \*port 1/2/2

```
A:7705SAR8#configure port 1/2/2
A:7705SAR8>config>port# description to_7750SR7
A:7705SAR8>config>port# ethernet
A:7705SAR8>config>port>ethernet> mode network
A:7705SAR8>config>port>ethernet> back
A:7705SAR8>config>port# no shutdown
```

### SR-7

#### \*port 1/6/1

```
A:7750SR7# configure port 1/6/1
A:7750SR7>config>port# description to 7705SAR8
A:7750SR7>config>port# ethernet
A:7750SR7>config>port>ethernet> mode network
A:7750SR7>config>port>ethernet> back
A:7750SR7>config>port# no shutdown
```

#### \*port 1/6/7

```
A:7750SR7# configure port 1/6/7
```

```
A:7750SR7>config>port# description to 7750SR7
A:7750SR7>config>port# ethernet
A:7750SR7>config>port>ethernet> mode network
A:7750SR7>config>port>ethernet> back
A:7750SR7>config>port# no shutdown
```

#### **SR-12**

##### **\*port 1/1/1**

```
A:7750SR12# configure port 1/1/1
A:7750SR12>config>port# description to BSC
A:7750SR12>config>port# sonet-sdh
A:7750SR12>config>port>sonet-sdh> framing sdh
A:7750SR12>config>port>sonet-sdh> back
A:7750SR12>config>port# no shutdown
```

##### **\*port 2/1/1**

```
A:7750SR12# configure port 2/1/1
A:7750SR12>config>port# description to 7750SR7
A:7750SR12>config>port# ethernet
A:7750SR12>config>port>ethernet> mode network
A:7750SR12>config>port>ethernet> back
A:7750SR12>config>port# no shutdown
```

##### **\*port 2/1/10**

```
A:7750SR12# configure port 2/1/10
A:7750SR12>config>port# description to RNC
A:7750SR12>config>port# ethernet
A:7750SR12>config>port>ethernet> encap-type dot1q
A:7750SR12>config>port>ethernet> mtu1600
A:7750SR12>config>port>ethernet> no autonegotiate
A:7750SR12>config>port>ethernet> exit
A:7750SR12>config>port# no shutdown
```

## **2. Configuración IP del Sistema**

Las direcciones IP para el sistema también se pueden apreciar en la Figura 5.13. A continuación la configuración de estas.

#### **SAR-8**

```
A:7705SAR8# configure router interface system
A:7705SAR8>config>router>if# address 172.18.0.1/32
A:7705SAR8>config>router>if# no shutdown
A:7705SAR8>config>router>if# exit
A:7705SAR8# configure router router-id 172.18.0.1
```

#### **SR-7**

```
A:7750SR7# configure router interface system
```

```
A:7750SR7>config>router>if# address 172.18.0.2/32
A:7750SR7>config>router>if# no shutdown
A:7750SR7>config>router>if# exit
A:7750SR7# configure router router-id 172.18.0.2
```

#### **SR-12**

```
A:7750SR12# configure router interface system
A:7750SR12>config>router>if# address 172.18.0.3/32
A:7750SR12>config>router>if# no shutdown
A:7750SR12>config>router>if# exit
A:7750SR12# configure router router-id 172.18.0.3
```

### **3. Configuración IP de Interfaces**

La configuración IP de las interfaces que se muestran en la Figura 5.13 se realizarán a continuación.

#### **SAR-8**

##### **\*interface to BTS**

```
A:7705SAR8# configure router interface to BTS
A:7705SAR8>config>router>if# address 10.0.0.6/30
A:7705SAR8>config>router>if# port 1/2/3
A:7705SAR8>config>router>if# no shutdown
```

##### **\*interface to NodoB**

```
A:7705SAR8# configure router interface to NodoB
A:7705SAR8>config>router>if# address 10.0.0.10/30
A:7705SAR8>config>router>if# port 1/1/1
A:7705SAR8>config>router>if# no shutdown
```

##### **\*interface to 7750SR7**

```
A:7705SAR8# configure router interface to 7750SR7
A:7705SAR8>config>router>if# address 10.0.0.14/30
A:7705SAR8>config>router>if# port 1/2/2
A:7705SAR8>config>router>if# no shutdown
```

#### **SR-7**

##### **\*interface to 7705SAR8**

```
A:7750SR7# configure router interface to 7705SAR8
A:7750SR7>config>router>if# address 10.0.0.13/30
A:7750SR7>config>router>if# port 1/6/1
A:7750SR7>config>router>if# no shutdown
```

##### **\*interface to 7750SR12**

```
A:7750SR7# configure router interface to 7750SR12
A:7750SR7>config>router>if# address 10.0.0.18/30
A:7750SR7>config>router>if# port 6/2/7
A:7750SR7>config>router>if# no shutdown
```

**SR-12**

```
*interface to BSC
A:7750SR12# configure router interface to BSC
A:7750SR12>config>router>if# address 10.0.0.25/30
A:7750SR12>config>router>if# port 1/1/1
A:7750SR12>config>router>if# no shutdown
```

**\*interface to RNC**

```
A:7750SR12# configure router interface to RNC
A:7750SR12>config>router>if# address 10.0.0.29/30
A:7750SR12>config>router>if# port 2/1/10
A:7750SR12>config>router>if# no shutdown
```

**\*interface to 7750SR7**

```
A:7750SR12# configure router interface to 7750SR7
A:7750SR12>config>router>if# address 10.0.0.17/30
A:7750SR12>config>router>if# port 2/1/1
A:7750SR12>config>router>if# no shutdown
```

**4. Configuración de OSPF**

La habilitación del protocolo OSPF se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8 # configure router ospf area 0
A:7705SAR8>config>router>ospf>area# interface system no shutdown
A:7705SAR8>config>router>ospf>area# interface to 7750SR7 no shutdown
A:7705SAR8>config>router>ospf>area# interface to BTS no shutdown
A:7705SAR8>config>router>ospf>area# interface to NodoB no shutdown
```

**SR-7**

```
A:7750SR7 # configure router ospf area 0
A:7750SR7>config>router>ospf>area# interface system no shutdown
A:7750SR7>config>router>ospf>area# interface to 7750SR12 no shutdown
A:7750SR7>config>router>ospf>area# interface to 7705SAR8 no shutdown
```

**SR-12**

```
A:7750SR12 # configure router ospf area 0
A:7750SR12>config>router>ospf>area# interface system no shutdown
A:7750SR12>config>router>ospf>area# interface to BSC no shutdown
A:7750SR12>config>router>ospf>area# interface to RNC no shutdown
A:7750SR12>config>router>ospf>area# interface to 7750SR7 no shutdown
```

**5. Configuración de RSVP**

La habilitación del protocolo RSVP se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8# configure router mpls interface system no shutdown
```



```
A:7705SAR8# configure router mpls interface to_7750SR7 no shutdown
A:7705SAR8# configure router mpls interface to BTS no shutdown
A:7705SAR8# configure router mpls interface to NodoB no shutdown
A:7705SAR8# configure router ospf traffic-engineering
```

**SR-7**

```
A:7750SR7# configure router mpls interface system no shutdown
A:7750SR7# configure router mpls interface to 7750SR12 no shutdown
A:7750SR7# configure router mpls interface to 7705SAR8 no shutdown
A:7750SR7# configure router ospf traffic-engineering
```

**SR-12**

```
A:7750SR12# configure router mpls interface system no shutdown
A:7750SR12# configure router mpls interface to BSC no shutdown
A:7750SR12# configure router mpls interface to RNC no shutdown
A:7750SR12# configure router mpls interface to 7750SR7 no shutdown
A:7750SR12# configure router ospf traffic-engineering
```

**6. Configuración Path o de la Ruta**

La configuración Path se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8 # configure router mpls path 7705SAR8 7750SR12
A:7705SAR8>config>router>mpls>path$ hop 172.18.0.2 strict
A:7705SAR8>config>router>mpls>path$ hop 172.18.0.3 strict
A:7705SAR8>config>router>mpls>path$ no shutdown
```

**SR-12**

```
A:7750SR12# configure router mpls path 7750SR12_7705SAR8
A:7750SR12>config>router>mpls>path$ hop 172.18.0.2 strict
A:7750SR12>config>router>mpls>path$ hop 172.18.0.1 strict
A:7750SR12>config>router>mpls>path$ no shutdown
```

**7. Configuración LSP**

La configuración LSP se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8>config>router>mpls>path$ back
A:7705SAR8>config>router>mpls# lsp 7705SAR8 7750SR12
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp$ from 172.18.0.1
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp$ to 172.18.0.3
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp$ primary 7705SAR8 7750SR12
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp>primary$ no shutdown
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp>primary$ back
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp# fast-reroute one-to-one
```

```
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp>frr# back
A:7705SAR8>config>router>mpls>lsp# no shutdown
```

**SR-12**

```
A:7750SR12>config>router>mpls>path$ back
A:7750SR12>config>router>mpls# lsp 7750SR12 7705SAR8
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp$ from 172.18.0.3
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp$ to 172.18.0.1
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp$ primary 7750SR12 7705SAR8
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp>primary$ no shutdown
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp>primary$ back
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp# fast-reroute one-to-one
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp>frr# back
A:7750SR12>config>router>mpls>lsp# no shutdown
```

**8. Configuración de Servicios Paso 1: Habilitar T-LDP**

La configuración T-LDP se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8 # configure router ldp no shutdown
```

**SR-12**

```
A:7750SR12 # configure router ldp no shutdown
```

**9. Configuración de Servicios Paso 2: Configuración SDP**

La configuración SDP se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8# configure service sdp 13 mpls create
A:7705SAR8>config>service>sdp$ far-end 172.18.0.3
A:7705SAR8>config>service>sdp$ lsp 7705SAR8_7750SR12
A:7705SAR8>config>service>sdp$ no shutdown
```

**SR-12**

```
A:7750SR12# configure service sdp 13 mpls create
A:7750SR12>config>service>sdp$ far-end 172.18.0.1
A:7750SR12>config>service>sdp$ lsp 7750SR12_7705SAR8
A:7750SR12>config>service>sdp$ no shutdown
```

**10. Configuración de Servicios Paso 3: Configuración SAP**

La configuración SAP se realizara a continuación.

**SAR-8**

```
A:7705SAR8# configure service epipe 100 customer 1 create
A:7705SAR8>config>service>epipe$ sap 1/2/3:500 create no shutdown
A:7705SAR8>config>service>epipe# spoke-sdp 13:100 create no shutdown
A:7705SAR8>config>service>epipe# no shutdown
```

**SR-12**

```
A:7750SR12# configure service epipe 100 customer 1 create
A:7750SR12>config>service>epipe$ sap 2/1/10:500 create no shutdown
A:7750SR12>config>service>epipe# spoke-sdp 31:100 create no shutdown
A:7750SR12>config>service>epipe# no shutdown
```

## **11. Configuración de TELNET**

La configuración Telnet se realizara a continuación.

### **SR-8**

```
A:7750SAR8# configure system security telnet-server
```

### **SR-7**

```
A:7750SR7# configure system security telnet-server
```

### **SR-12**

```
A:7750SR12# configure system security telnet-server
```

**ANEXO C**  
**FICHAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS ALCATEL-LUCENT**

# ALCATEL-LUCENT 7750 SERVICE ROUTE RELEASE 10

Alcatel-Lucent 7750 Service Router (SR) multiservice edge routers have been designed from inception to deliver differentiated, high-performance, high availability services. With platform capacities ranging from 90 Gb/s to 2 Tb/s, specialized service-aware application processing, advanced quality of service (QoS), and a comprehensive range of Ethernet and multiservice interfaces and protocols, the 7750 SR provides industry-leading scale and intelligence to deliver residential, business, and wireless broadband IP services on a converged edge routing platform.



7750 SR-12



7750 SR-7



7750 SR-c12



7750 SR-c4

The Alcatel-Lucent 7750 SR portfolio is a suite of multiservice edge routers designed from inception to deliver high-performance, high availability routing with service-aware operations, administration, management, and provisioning. The 7750 SR integrates the scalability, resiliency, and predictability of MPLS along with the bandwidth and economics of Ethernet and a broad selection of legacy interfaces, to enable a converged network infrastructure for the delivery of next-generation services. The 7750 SR's advanced and comprehensive feature set enables it to be deployed as a Broadband Network Gateway (BNG) for residential services, as a Multiservice Edge (MSE) for Carrier Ethernet and IP VPN business services, as the aggregation router in mobile backhaul applications, or as a mobile packet core for 2G, 3G and LTE wireless networks. With support for service-enabled, high-density 10GigE and 100GigE interfaces, the 7750 SR is also well suited for core routing applications. Available in four chassis variants, the 7750 SR scales gracefully from 90 Gb/s to 2 Tb/s of throughput, providing cost-effective solutions to address the smallest to the largest network locations.

## FEATURES

### Industry-leading FP silicon

At the heart of the Alcatel-Lucent 7750 SR is the Alcatel-Lucent award-winning FP network processing silicon. FP network processors enable line interfaces to scale to 100 Gb/s and beyond, while concurrently supporting processing-intensive edge routing and mobile gateway services without performance impact. Network processing silicon is an essential element in the quest for no-compromise, high-speed, intelligent services that can adapt to customer requirements. Alcatel-Lucent has a proven track record as an innovator and industry leader in network processor silicon technology.

### Proven end-to-end operating system

Alcatel-Lucent Service Router Operating System (SR OS) is a carrier-grade, highly fault-tolerant, and feature-rich operating system that operates across the entire Alcatel-Lucent Service Router portfolio. With a single operating system across all platforms, operators can be assured of consistent and reliable operations and management when deploying Ethernet (VLL, VPLS), IP/MPLS (IP VPN), legacy (ATM, TDM, POS), and/or mobile services and applications on an Alcatel-Lucent service router network.





### Best-in-class high availability

High availability is more than just redundant hardware. In addition to redundant common equipment and line card redundancy, SR OS supports numerous features that minimize service disruption, such as non-stop routing, stateful failover capabilities, in-service software upgrades (ISSU), and innovative multi-chassis features for service resiliency. Further, the 7750 SR supports service assurance and monitoring tools across IP, MPLS, and Ethernet domains. In short, with a comprehensive suite of high availability features, the 7750 SR is the industry's most reliable platform for offering non-stop applications and services.

### Advanced Hierarchical QoS

With today's IP traffic streams including a range of services consisting of video applications, voice, best-effort Internet access, and mission-critical business services, QoS becomes a critical element for delivering both best-effort and SLA-based services on a common platform. The Alcatel-Lucent 7750 SR sets the standard with its advanced and highly flexible Hierarchical QoS implementation with hardware support for multi-tiered shaping and policing hierarchies. As it is designed as a service delivery platform, the 7750 SR provides the tools to define and deliver the most stringent SLAs for high-value, differentiated services.

### Service routing specialization

Alcatel-Lucent recognizes that service providers need to be nimble and yet cost sensitive when introducing application-enabled services into the network. With service routing specialization, operators can add new services with higher-level processing requirements to the network wherever an Alcatel-Lucent 7750 SR is located, by simply adding an Integrated Services Adapter (ISA). Compared to using dedicated network elements to provide services, 7750 SR service adapters have tighter management integration, higher performance and higher scale, and consume less energy. They allow service providers to leverage the network design in deploying services where most cost-effective, where most easily managed, and with appropriate scale. Applications supported include Application Assurance, which leverages deep packet inspection (DPI) technology to provide application-level traffic reporting and traffic management

capabilities, advanced video services (Fast Channel Change/Retransmission or Ad Insertion), IPsec services, DDoS mitigation services, large scale Network Address Translation (NAT), Dual-Stack Lite AFTR services, and L2TP Network Server (LNS) services.

### Service-aware management

The 7750 SR family is managed by the Alcatel-Lucent 5620 Service Aware Manager (SAM) for assured, simplified and integrated operations across both network and service management domains. 5620 SAM is designed to manage services and provides service-level visibility into the network for small- and large-scale service deployments. The Alcatel-Lucent management offering includes additional tools like the 5650 Control Plane Assurance Manager (CPAM) and 5670 Reporting and Analysis Manager (RAM) that work in conjunction with 5620 SAM and streamline network operations and aid in the provisioning and management of all connectivity and advanced networking services.

## BENEFITS

### Increased revenues with innovative, differentiated services

Support for advanced networking services allows service providers to capitalize on information embedded in the network to provide subscriber-centric Internet and connectivity services. Subscriber, service, and application awareness can be used to provide differential QoS treatment of higher-value traffic streams and manage the online experience. Guaranteeing a superior Quality of Experience (QoE) for certain applications and metering them separately for billing permits tiered pricing for different levels of service.

### Reduced operational expense

By combining services on a 7750 SR-based converged provider edge, network operations are simplified because all services run over a platform with consistent feature set, operational model, and management, while supporting the service scalability required to combine services. As legacy services are migrated to converged service networks, the legacy networks that carried the service can be decommissioned, further simplifying overall network operations and expenditure. In addition, the 7750 SR has numerous

features for automated provisioning of subscribers and services based on service templates and interacting with other operational systems for authentication, authorization, and billing that all but eliminates the need for individual, manual service provisioning.

### Investment protection

From its introduction, the 7750 SR family has evolved with customer feature and scaling requirements. The 7750 SR's sophisticated and flexible hardware has a track record of allowing new features and enhancements to be introduced "in-place" in software, rather than through a series of ever-changing hardware iterations.

The award-winning FP network processing silicon ensures 7750 SR platform capacity, and service scale can continually evolve in step with customer requirements, providing an unprecedented level of investment protection.

### Environmentally friendly

Pioneering advances in power efficiency are incorporated into each member of the Alcatel-Lucent 7750 SR family, reducing the expense of both powering and cooling when comparing products with less advanced silicon technology. Combined with environmentally sensitive manufacturing processes, careful materials selection, and a view to sustainable product-life-cycle management, the 7750 SR family assists service providers in reducing their environmental impact.

## HARDWARE OVERVIEW

The Alcatel-Lucent 7750 SR is available in four chassis types – the 7750 SR-12, SR-7, SR-c12 and SR-c4. Table 1 provides a summary of the technical specifications for each platform within the family.

The Alcatel-Lucent 7750 SR family supports a wide range of media and service adapters that are optimized to address different network and application requirements.

- **Input/Output Modules (IOMs)** – IOMs are supported on the 7750 SR-12 and 7750 SR-7 and are optimized for flexibility in deploying a variety of mobile, multiservice, and Ethernet-based applications. Each IOM supports up to two Media Dependent Adapters (MDAs) and can also be used to house Integrated Service Adapters (ISAs).

- **Media Dependent Adapters (MDAs)** - MDAs are supported on all platforms and provide physical interface connectivity. MDAs are available in a variety of interface and density configurations.
- **Compact Media Adapters (CMAs)** - CMAs are interface adapters supporting lower speed services and port densities. CMAs are supported on the 7750 SR-c12 and SR-c4 platforms.

- **Integrated Media Modules (IMMs)** - IMMs are line cards providing integrated processing and physical interfaces on a single board. IMMs provide high-capacity, high-density Ethernet and SONET/SDH interfaces and are supported on the 7750 SR-12 and SR-7 platforms.
- **Integrated Service Adapters (ISAs)** - ISAs are resource blades that provide specialized processing and buffering for applications. ISAs are supported on all platforms.

Refer to Tables 2 to 5 for further information regarding the different types of CMA, IMM and ISA available for the 7750 SR family.

**Table 1. Technical specifications for the Alcatel-Lucent 7750 SR family**

	7750 SR-C4	7750 SR-C12	7750 SR-7	7750 SR-12
System throughput	Switch fabric: Up to 90 Gb/s (half duplex)	Switch fabric: Up to 90 Gb/s (half duplex)	Switch fabric: Up to 1 Tb/s (half duplex) Slot capacity: Up to 100 Gb/s (full duplex)	Switch fabric: Up to 2 Tb/s (half duplex) Slot capacity: Up to 100 Gb/s (full duplex)
Built-in network interfaces	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x 10GBASE (LAN/WAN PHY) XFP</li> <li>• 10/100BASE Management Ethernet RJ-45</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10/100BASE Management Ethernet RJ-45</li> </ul>	-	-
Number of MDAs per chassis	2	6	10	20
Number of CMAs per chassis	4	8 (plus 2 MDAs)	-	-
Number of IOM/IMM/ISM per chassis	-	-	5	10
Common equipment redundancy	Power (PEMs), fans	CFM-XP, power (PEMs), fans	SF/CPM, power (PEMs), fans	SF/CPM, power (PEMs), fans
Hot-swappable modules	MDAs, CMAs, PEMs, fans	CFM-XP, MDAs, CMAs, PEMs, fans	SF/CPM, IOMs, IMMs, ISMs, MDAs, ISAs, PEMs, fans	SF/CPM, IOMs, IMMs, ISMs, MDAs, ISAs, PEMs, fans
Dimensions*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Height: 13.8 cm (5.4 in.)</li> <li>• Width: 44.5 cm (17.5 in.)</li> <li>• Depth: 47.0 cm (18.5 in.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Height: 22.2 cm (8.8 in.)</li> <li>• Width: 44.5 cm (17.5 in.)</li> <li>• Depth (with cable management): 60.0 cm (23.6 in.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Height: 35.6 cm (14 in.)</li> <li>• Width: 44.5 cm (17.5 in.)</li> <li>• Depth: 64.8 cm (25.5 in.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Height: 62.2 cm (24.5 in.)</li> <li>• Width: 44.5 cm (17.5 in.)</li> <li>• Depth (without cable management): 74.7 cm (29.4 in.)</li> <li>• Depth (with cable management): 88.6 cm (34.9 in.)</li> </ul>
Weight*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empty: 13.6 kg (30.0 lb)</li> <li>• Loaded: 21.8 kg (48 lb) approx.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empty: 16.5 kg (36.2 lb)</li> <li>• Loaded: 45.4 kg (100 lb) approx.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empty: 27.2 kg (60 lb)</li> <li>• Loaded: 70.5 kg (155 lb) approx.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empty: 56.4 kg (124 lb)</li> <li>• Loaded: 155.7 kg (343 lb) approx.</li> </ul>
Power	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -40 V DC to -72 V DC</li> <li>• 100 V AC to 240 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -40 V DC to -72 V DC</li> <li>• 220 V AC to 240 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -40 V DC to -72 V DC</li> <li>• 52 A to 93 A</li> <li>• AC options available</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -40 V DC to -72 V DC</li> <li>• 90 A to 162 A</li> <li>• AC options available</li> </ul>
Cooling	• Side-to-side air flow	• Side-to-side air flow	• Side-to-back air flow	• Front-to-back air flow

\* Weights and dimensions are approximate and subject to change. Refer to the appropriate Installation Guide for the current weights and dimensions.

Table 2. Alcatel-Lucent 7750 SR MDA, MDA-XP support-by-chassis type

MDA TYPE	PORTS PER MDA	CONNECTOR TYPE	SR-C4	SR-C12	SR-7	SR-12
<b>ETHERNET MDA-XPS</b>						
1000BASE	10/20	SFP	✓	✓	✓	✓
10/100/1000BASE-TX	20	RJ-45	✓	✓	✓	✓
10/100/1000BASE-TX	48	6 x mini RJ-21	-	-	✓	✓
10GBASE (LAN/WAN PHY)	1/2/4	XFP	✓/✓/-	✓/✓/-	✓	✓
<b>ETHERNET MDAS</b>						
100BASE-FX	20	SFP	✓	✓	✓	✓
10/100BASE-TX	60	5 x mini RJ-21	✓	✓	✓	✓
10GBASE/1000BASE (LAN PHY)	1+10	XFP/SFP	-	-	✓	✓
10GBASE (DWDM tunable optics)	1	LC	-	-	✓	✓
<b>HIGH SCALE MDAS</b>						
1000BASE	10	SFP	-	-	✓	✓
10GBASE	1	XFP	-	-	✓	✓
<b>POS MDAS</b>						
OC-3c/STM-1c/OC-12c/STM-4c (Multirate)	16	SFP	✓	✓	✓	✓
OC-48c/STM-16c	4	SFP	✓	✓	✓	✓
OC-192c/STM-64c	1	Simplex SC	-	-	✓	✓
<b>ANY SERVICE ANY PORT (ASAP) MDAS</b>						
Chan. DS3/E3 ASAP	4/12	1.0/2.3 Connectors	✓	✓	✓	✓
Chan. OC-3/STM-1 ASAP	4	SFP	✓	✓	✓	✓
Chan. OC-12/STM-4 ASAP	1	SFP	✓	✓	✓	✓
<b>CIRCUIT EMULATION SERVICE (CES) MDAS</b>						
Chan. OC-3/STM-1 CES	1/4	SFP	-/✓	-/✓	✓	✓
Chan. OC-12/STM-4 CES	1	SFP	✓	✓	✓	✓
<b>ATM MDAS</b>						
ATM OC-3c/STM-1c/OC-12c/STM-4c (Multirate)	4	SFP	✓	✓	✓	✓
ATM OC-3c/STM-1c	16	SFP	-	-	✓	✓
<b>OTHER</b>						
Versatile Service Module-XP	N/A	N/A	-	-	✓	✓

\* A limit of two MDAs of type ASAP, ATM, or CES is supported in the 7750 SR-C12.

Table 3. Alcatel-Lucent 7750 SR CMA support-by-chassis type

CMA TYPE	PORTS PER CMA	CONNECTOR TYPE	SR-C4	SR-C12
1000BASE	1/5	SFP	✓	✓
Chan. DS1/E1	8	RJ-48c	✓	✓
DS3/E3	4	1.0/2.3 connectors	✓	✓
10/100BASE-TX	8	RJ-45	✓	✓
1000BASE	1	SFP	✓	✓
Chan. OC-3/STM-1 CES	1	SFP	✓	✓
OC-3c/STM-1c/OC-12c/STM-4c (Multirate)	2	SFP	✓	✓
ATM T1/E1 IMA	8	RJ-48c	✓	✓



Table 4. Alcatel-Lucent 7790 SR IMM support-by-chassis type

IMM TYPE	PORTS PER IMM	CONNECTOR TYPE	SR-7	SR-12
10GBASE	1	CFP	✓	✓
40GBASE	3	QSFP+	✓	✓
40GBASE (DWDM tunable optics)	1	LC	✓	✓
10GBASE	12	SFP+	✓	✓
10GBASE	5/8	XFP	✓	✓
10/100/1000BASE	48	SFP	✓	✓
10/100/1000BASE	48	RJ-45	✓	✓
OC-768c/STM-256c (DWDM tunable optics)	1	LC	✓	✓

Table 5. Alcatel-Lucent 7750 SR and 7450 B6S ISA support-by-chassis type

ISA TYPE*	SR-C4	SR-C12	SR-7	SR-12
Multiservice Integrated Services Adapter (MS-ISA)	✓	✓	✓	✓

\* Consult the MS-ISA Data Sheet for details for application support on a given platform.

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### Environmental specifications

- Operating temperature: 5°C to 40°C (41°F to 104°F)
- Operating relative humidity: 5% to 85%
- Operating altitude: Up to 4000 m (13,000 ft) at 30°C (86°F)

### Safety standards and compliance agency certifications

#### Safety

- EN 60950-1 2nd Ed CE-Mark
- IEC 60950-1 2nd Ed CB Scheme
- CSA/UL 60950-1 2nd Ed NRTL
- FDA CDRH 21-CFR 1040
- IEC/EN 60825-1
- IEC/EN 60825-2

#### EMC emission

- ICES-003 Class A
- FCC Part 15 Class A
- EN 55022 Class A
- CISPR 22 Class A
- AS/NZS CISPR 22
- VCCI Class A
- BSMI Class A
- IEC/EN 61000-3-2 Power Line Harmonics
- IEC/EN 61000-3-3 Voltage Fluctuations and Flicker

#### EMC Immunity

- EN 300 386
- EN 55024
- IEC/EN 61000-4-2 ESD
- IEC/EN 61000-4-3 Radiated Immunity
- IEC/EN 61000-4-4 EFT
- IEC/EN 61000-4-5 Surge
- IEC/EN 61000-4-6 Conducted Immunity
- IEC/EN 61000-4-8 Magnetic Immunity
- IEC/EN 61000-4-11 Voltage Interruptions

#### Telecom

- Telcordia GR-253-CORE
- IEEE 802.3 (Gigabit Ethernet, Ethernet)
- ANSI T1.105.03
- ANSI T1.105.06
- ANSI T1.105.09
- ANSI T1.403 (DS1)
- ANSI T1.404 (DS3)
- ITU-T G.957
- ITU-T G.825
- ITU-T G.824
- ITU-T G.823
- ITU-T G.813
- ITU-T G.707
- ITU-T G.703

#### Environmental

- ETS 300 019-1-1 Storage Tests, Class 1.2
- ETS 300 019-1-2 Transportation Tests, Class 2.3
- ETS 300 019-1-3 Operational Tests, Class 3.2
- ETS 300 019-2-4, pr A 1 Seismic
- ETSI EN 300 753 Acoustic
- ETSI EN 300 132-2 Power Supply Interface
- WEEE
- RoHS
- China RoHS

#### Network Equipment Building System (NEBS)

- NEBS Level 3 Compliant
  - ~ Telcordia GR-1089-CORE
  - ~ Telcordia GR-63-CORE
- Telcordia GR-295-CORE
- RBOC requirements
  - ~ ATT-TP-76200
  - ~ ATT-TP-76200 section 13, TEER per ATIS-0600015.02
  - ~ VZ.TPR.9205 TEEER per ATIS-0600015.02
  - ~ VZ.TPR.9305

# ALCATEL-LUCENT 7705 SERVICE AGGREGATION ROUTER

RELEASE 5.0



7705 SAR-18



7705 SAR-8



7705 SAR-M



7705 SAR-F

The Alcatel-Lucent 7705 Service Aggregation Router (SAR) portfolio delivers industry-leading IP/MPLS and pseudowire capabilities in compact platforms with the ability to reliably groom and aggregate multiple media, service and transport protocols onto an economical packet transport infrastructure.

The Alcatel-Lucent 7705 SAR portfolio is optimized for multiservice adaptation, aggregation and routing, especially onto a modern Ethernet and IP/MPLS infrastructure. Leveraging the powerful Service Router Operating System (SR OS) and the 5620 Service Aware Manager (SAM), the 7705 SAR is available in compact, low power-consumption platforms that deliver highly available services over resilient and flexible network topologies.

The 7705 SAR is well suited to the aggregation and backhaul of 2G, 3G and LTE mobile traffic, providing cost-effective scaling and the transformation to IP/MPLS networking. Business services modernization is supported in the transition from legacy to consolidated, packet-based operation. Hugely reduced equipment footprints are

achievable with reduced energy costs. Industries, enterprises and government organizations can deploy with confidence, achieving reliable and resilient support of legacy and advanced services.

The Alcatel-Lucent 7705 SAR owes much of its development heritage to the Alcatel-Lucent Service Router (SR) product line. Sharing much of the market-leading feature set of that product line, the Alcatel-Lucent 7705 SAR brings a powerful, service-oriented capability to the RAN, specifically in form factors and at-price points that are particularly appropriate for cell sites and hub locations in addition to denser points of concentration. With end-to-end service management under the Alcatel-Lucent 5620 management portfolio, the Alcatel-Lucent 7705 SAR greatly augments the IP/MPLS RAN transport solution from Alcatel-Lucent.

## Service aggregation and networking

To provide the most efficient transport solution, the Alcatel-Lucent 7705 SAR can employ pseudowire encapsulation methods to map services end to end. The use of pseudowires ensures that the key attributes of the service are maintained, while using a cost-effective packet environment to aggregate services. In addition to pseudowire transport, IP routing and forwarding and Virtual Private LAN Service (VPLS) are supported. Services such as Asynchronous Transfer Mode (ATM), Inverse Multiplexing over ATM (IMA), Ethernet, Frame Relay, HDLC and TDM traffic can be natively switched across the 7705 SAR.

Pseudowire Support Includes:

- ATM/ IMA
- TDM: CESoPSN & SATOP
- Ethernet port/VLAN
- Frame Relay
- HOLC
- IP

The 7705 SAR product line supports Border Gateway Protocol (BGP)/ MPLS Virtual Private Networks (VPNs) to allow the separation of

Layer 3 traffic between different groups of users or organizations. Virtual Private LAN Service (VPLS) is supported for the delivery of Layer 2 VPNs. Analog voice encoding and transport is available on the 7705 SAR-8 and the 7705 SAR-18. Voiceband analog traffic can be carried over a modern network infrastructure between two analog devices using either traditional T1/E1 network interfaces or over Ethernet or MLPPP interfaces.

## Highly flexible network infrastructure options

The 7705 SAR supports a broad range of integrated media across fiber, copper and microwave for maximum deployment flexibility. Tunneling options include the use of MPLS, IP or GRE (Generic Routing Encapsulation) for aggregated traffic. When dynamic MPLS signaling is deployed, the end-to-end pseudowire is established using targeted label distribution protocol (T-LDP) and the MPLS tunnel using LDP. In addition to efficient LDP-based dynamic signaling, static provisioning of both the MPLS tunnel and the pseudowire is supported. GRE or IP tunneling allows low-cost, ubiquitous IP networks to be used

.....  
AT THE SPEED OF IDEAS™

..... Alcatel-Lucent 



for backhauling; for example, for the transport of HSPA (High Speed Packet Access) off-loaded traffic using DSL access media.

### Label switched routing

The 7705 SAR can be configured as either a Label Edge Router (LER) or a full Label Switched Router (LSR). Label Switched Paths (LSPs) can be signaled using either the Label Distribution Protocol (LDP) or the Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering (RSVP-TE). The 7705 SAR brings a strong suite of traffic engineering and resiliency capabilities using functions such as Constraint-based Shortest Path First (CSPF) routing, Fast Reroute (FRR), primary and secondary LSPs and redundant pseudowires.

### Quality of service and traffic management

It is critical to maintain the end-to-end Quality of Service (QoS) for packet traffic. Not all types of traffic have the same set of requirements. Voice traffic in particular requires low latency and jitter (latency variation) as well as low loss, whereas data traffic often has less stringent delay requirements but may be very sensitive to loss, as packet loss can seriously constrain application throughput. To offer the required treatment throughout the network, traffic flows with different requirements are identified at the access and marked in-line with the appropriate QoS metrics. Traffic classification and marking are carried out based on the following categories:

#### Traffic classification (Layer 1/Layer 2/ Layer 2.5 and/or Layer 3 header)

- Time slot/port
- Ethernet port/VLAN
- ATM service category (CBR/rt VBR/nr1-VBR/UBR)
- ATM VC
- Ethernet 802.1p/VLAN
- IP DSCP/MPLS EXP

#### Marking

- Layer 2 (802.1p)
- Layer 2.5 (EXP) both for tunnel and PWE3
- Layer 3 (DiffServ)

The Alcatel-Lucent 7705 SAR utilizes extensive traffic management policies to ensure fairness with detailed classification and hierarchical scheduling including: minimum/maximum, queue type based weighted round robin or strict priority and profiled scheduling, as well as multi-tier policing to differentiate and prioritize individual services and flows.

### Operations, administration and maintenance

In order to ensure continuity of services, the Alcatel-Lucent 7705 SAR has a full set of operations, administration and maintenance (OAM) features including:

- LSP ping
- LSP traceroute
- Service distribution path (SDP) ping
  - ~ Verifies, for example, tunnel connectivity and round-trip delay

- Virtual circuit connectivity verification (VCCV)
  - ~ Verifies, for example, service level existence and round-trip time
  - ~ Extends OAM to pseudowire services
- Ethernet OAM functions, for example
  - ~ 802.3ah: Ethernet in the First Mile
  - ~ 802.1ag: Connectivity Fault Management
  - ~ Y.1731: Ethernet OAM mechanisms for fault management – mainly at a service level
- Service Assurance Agent (SAA)
  - ~ Runs in background, periodically collecting network 'health' information from OAM mechanisms (such as VCCV) and monitoring for problems (such as SLA transgressions)

These features, when under the control of the Alcatel-Lucent 5620 management portfolio, ensure rapid fault detection as well as efficient troubleshooting. In particular, SLAs can be proactively monitored by the SAA. This powerful capability allows the specification of test suites, policies and schedules. The tests are then auto-created, and the results obtained are automatically compared to pre-defined SLA metrics. Any transgressions detected are automatically reported through the SAA to operations staff. An auto-discovery protocol is supported to allow rapid commissioning of remote devices.

### Synchronization

Cell sites rely on the backhaul network to provide synchronous interfaces for the proper delivery of data. In addition, cell sites may rely on the network interfaces as stable references with which to derive radio frequencies and to ensure reliable subscriber handover between cell towers. Accurate synchronization is also important in wireline networks in maintaining network operational integrity; for example, avoiding data underflows and overflows and transmission 'slips.'

The Alcatel-Lucent 7705 SAR supports external reference timing, line timing, adaptive clock recovery (ACR) timing, synchronous Ethernet and also timing distribution using 1588v2. The 1588v2 Master Clock and Boundary Clock functions are also supported. The 7705 SAR M supports Transparent Clock and Time of Day capability, Accuracy and high performance of timing over packet solutions, such as ACR and IEEE 1588v2, are accomplished by a combination of built-in architectural features, efficiently tuned algorithms and powerful QoS mechanisms to minimize the delay experienced by synchronization traffic. These capabilities are cornerstones of the design of the Alcatel-Lucent 7705 SAR. A built-in Stratum-3 clock is provided to assist in synchronization maintenance during unavailability of a primary source.

### 7705 SAR family chassis options

#### 7705 SAR-F

The 7705 SAR-F is a fixed configuration version of the Service Aggregation Router packaged in a one-rack unit (1 RU) high form factor that supports up to 16 T1/E1 any-service-any-port (ASAP) ports. The ASAP ports can be configured to support ATM, ATM IMA, TDM and MLPPP. Six 10/100 Base-T auto-sensing Ethernet ports are provided, plus two extra ports supporting 10/100/1000 Base-TX with small form factor pluggable optics (SFPs). Network uplink connectivity options are: Ethernet, Fast Ethernet (FE), Gigabit Ethernet (GigE), n × T1/E1 MLPPP or n × T1/E1 ATM IMA. Integrated DS3 point-to-point trunking is supported using a SFP device.

#### 7705 SAR-M

The 7705 SAR-M is a series of high-performance one-rack unit (1 RU) high form factor Service Aggregation Routers that are orderable in four different configurations. All four variants of the SAR-M support four 10/100/1000 Base-TX with small form factor pluggable optics (SFP) plus three 10/100/1000 Base-T auto-sensing Ethernet ports.

The variable capabilities of the four variants are shown in the following list:

- Fan cooled with a module slot
- Fan cooled with a module slot, plus 16 T1/E1s any-service-any-port (ASAP) ports
- Passively cooled with no module slot
- Passively cooled with no module slot, plus 16 T1/E1s any service any port (ASAP) ports

The expansion module slot, provided on two of the 7705 SAR-M variants, can support one of the following plug-in modules:

- An integrated GPON ONT
- A DSL Combo Module (DCM) supporting four pairs of G.SHDSL, plus two pairs of ADSL2/2+ /VDSL2 with ATM/PTM bonding
- An xDSL module supporting up to eight pairs of PTM bonding over ADSL2/2+/VDSL2
- An integrated CWDM Optical Add-Drop Mux (OADM) module

The T1/E1 ASAP ports, provided on two of the 7705 SAR-M variants, can be configured to support ATM, ATM IMA, TDM and MLPPP.

Network uplink connectivity options are: Ethernet, Fast Ethernet (FE), Gigabit Ethernet (GigE), n × T1/E1 MLPPP or n × T1/E1 ATM IMA,

GPON, multi-pair bonded DSL or CWDM interworking via colored SFPs. Integrated DS3 point-to-point trunking is supported using a SFP device.

#### 7705 SAR-8

The 7705 SAR-8 is a two-rack unit (2 RU) version of the 7705 SAR with industry-leading access density. The platform can be optionally configured with a redundant control and switch module and uplinks. The Alcatel-Lucent 7705 SAR-8 has eight slots; two slots are allocated for control and switch modules (CSMs), with the remaining six slots being available for user traffic adapter cards. The Alcatel-Lucent 7705 SAR-8 has a compact, modular architecture, constructed to allow flexible use of line adapter cards so operators can optimize the configuration to meet the specific requirements of a site. With the modular architecture comes additional resilience and flexibility. The platform can optionally support 1+1 fully redundant CSMs. This industry-leading, independently validated High Availability feature has been inherited from the Service Router product line and is a strong contributor to overall network uptime. Network uplink connectivity options are: Ethernet, FE, GigE, n × T1/E1 MLPPP or n × T1/E1 ATM IMA, integrated DS3 point-to-point

trunking is supported using the 4-port DS3 adapter card. OC-3/STM-1 trunking is supported using Packet over SONET/SDH (POS) on the 4-port OC-3/STM-1 clear channel adapter card.

#### 7705 SAR-18

The 7705 SAR-18 is a 10 RU version of the 7705 SAR with industry-leading scalability. The platform can be optionally configured with a redundant control and switch module and uplinks. The Alcatel-Lucent 7705 SAR-18 has 18 slots; two slots are allocated for control and switch modules (CSMs), with the remaining 16 slots being available for user traffic adapter cards. Twelve of the adapter card slots have full duplex 2.5 Gb/s connectivity to the switching fabric, while the remaining four slots have full duplex 10 Gb/s connectivity. The platform can optionally support 1+1 fully redundant CSMs for High Availability. The twelve 2.5 Gb/s adapter card slots support the same adapter cards as the 7705 SAR-8. Network connectivity options are: Ethernet, FE, GigE, n × T1/E1 MLPPP or n × T1/E1 ATM IMA, integrated DS3 point-to-point trunking is supported using the 4-port DS3 adapter card. OC-3/STM-1 trunking is supported using POS on the 4-port OC-3/STM-1 clear channel adapter card.

#### 7705 SAR adapter cards

Each of the six adapter card slots in the 7705 SAR-8, or the twelve 2.5 Gb/s adapter card slots in the right side of the 7705 SAR-18, can be used to house the following adapter card types:

- 4-port OC-3/STM-1 clear channel adapter card, supporting ATM and POS with ports configurable for SONET or SDH operation
- 2-port OC-3/STM-1 channelized adapter card, supporting ATM, ATM IMA, TDM and MLPPP with ports configurable for SONET or SDH operation
- 16-port ASAP T1/E1 adapter card supporting ATM, ATM IMA, TDM and multiclass MLPPP
- 32-port ASAP T1/E1 adapter card supporting ATM, ATM IMA, TDM and multiclass MLPPP
- 8-port Ethernet adapter card supporting six ports of auto-sensing 10/100 Base-TX ports, plus two extra ports supporting 10/100/1000 Ethernet with SFP optics
- 4-port DS3/E3 adapter card supporting clear channel PPP and ATM service (ATM on DS3 only)
- 6-port Ear and Mouth (E&M) adapter card supporting selectable μ-Law or A-Law encoding

12-port Serial Data Interface (SDI) card, which can be configured for RS232, V.35 or X.21 operation

- An auxiliary alarm card with 24 digital alarm inputs, 2 analog inputs and 8 output relays
- A range of CWDM passive optical adapter cards. Add/drop cards are available with selected wavelengths
- 8-port GigE adapter card supporting 10/100/1000 Mb/s Auto sensing
- Microwave Power Injector Card
- Packet Microwave Card with microwave-aware Ethernet ports
- Voice and Teleprotection adapter card supporting FXS/FXO voice and low-latency teleprotection

#### 7705 SAR-18 x-adapter cards

The four 10 Gb/s slots in the left side of the 7705 SAR-18 can be used to house the following x-adapter card:

- 1-port 10Gb/s / 10-port 1Gb/s card, configurable to operate in one of the following modes:
  - ~ 10-port 10GigE SFP
  - ~ 1-port 10GigE SFP\*

## FEATURES AND BENEFITS

FEATURES	BENEFITS
Cost-effective migration from PDH-based backhaul to economical and flexible IP/MPLS-based aggregation and routing, leveraging Ethernet or ISP network services over a wide range of first mile media	Transition from PDH-based connectivity to modern Ethernet and/or IP-based networking infrastructures can greatly reduce recurring operating expenditures such as line lease costs.
Resiliency and redundancy including: One-for-one hitless control and switch module failover (7705 SAR-B and 7705 SAR-18), synchronization redundancy, network uplink resiliency and redundancy of power feeds plus temperature hardening (7705 SAR-B, 7705 SAR-F and 7705 SAR-M)	Advanced resiliency features lead to improved network uptime, which can positively impact customer retention and allow critical services to be offered for increased revenue.
Powerful, service-aware OAM capabilities complemented by the Alcatel-Lucent 5620 management portfolio for GUI based network and element configuration, provisioning, and fault and performance management	Rapid fault detection and powerful commissioning and troubleshooting tools can improve productivity of operations staff and reduce network downtime.
Dense adaptation of multiple converged services onto an efficient economical packet infrastructure	Multiprotocol and convergence capabilities (with flexible and granular QoS) reduce equipment instances needed to carry multiple traffic types. Compact, energy-efficient platforms reduce power and cooling costs.
Extends service routing IP/MPLS dynamic capabilities to the remote site, hubs and network edge in compact form factors with low power consumption	Modular, flexible architecture alleviates the burden of complex pre-engineering and future scenario planning. Compact, rugged form factors allow remote sites to be addressed.
Breadth of synchronization solutions with flexible operation, redundancy and independent validation of accuracy	Accurate synchronization allows cost-effective deployment over packet infrastructure and improves the user experience (for example, less data loss and minimal dropped calls in mobile applications).

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

#### Safety, EMC, environmental and telecom compliance

##### Safety

- UL/CSA 60950-1
- IEC/EN 60950-1
- AS/NZS 60950-1
- IEC/EN 60825-1 and 2 (LASER Safety)

##### EMC

- EN 55022 2006 (Class A)
- FCC Part 15 2008 (Class A)
- ICES-003 Issue 4 2004 (Class A)
- EN 300 388 V1.4.1
- AS/NZS CISPR 22: 2006 (Class A)

- Telcordia GR-1089 Issue 4
- RRL Notice No. 2008-38 (Class A)
- RRL Notice No. 2008-39
- Telecom**
- IC CS-03 Issue 9
- ACTA TIA-968-A
- AS/ACIF 5016 (Australia/ New Zealand)
- ITU-T G.703
- ITU-T G.707
- ITU-T G.712
- ITU-T G.957
- ITU-T V.24/RS232
- ITU-T V.36
- ITU-T X.21

##### Power utility substation

- IEEE 1613 (fan required)
- IEC 61850-3 (hazardous substances exception; e.g., sea salt mist, oil)

##### Railway

- EN 50121 4

##### Network Equipment and Building Standards (NEBS)

- NEBS Levels 1 and 3
- Telcordia GR-63-CORE, Issue 3
- Telcordia GR-78-CORE, Issue 2
- Telcordia GR-1089, Issue 4
- ATT-TP-76200
- VZ.TPR.9305
- ANSI T1.315-2001

##### Environmental

- Telcordia GR-63-CORE, Issue 3
- ETSI EN 300 019-2-1 v2.1.2 (Class 1.2)
- ETSI EN 300 019-2-2 v2.1.2 (Class 2.3)
- ETSI EN 300 019-2-3 v2.2.2 (Class 3.2)
- ETSI 300 132 2 v2.2.1

##### Directives


- EU Directive 1999/5/EC R&TTE
- EU Directive 2002/96/EC WEEE
- EU Directive 2002/95/EC RoHS
- China: Ministry of Information Industry order No. 39
- CroHS

##### Chassis-dependent specifications

(see Table 1)



Table 1. 7705 SAR chassis-dependent specifications



	7705 SAR-F	7705 SAR-M (4 VARIANTS)**	7705 SAR-B	7705 SAR-10
Capacity for adapter cards/modules per chassis	-/-	- / One expansion module slot capable of housing 7705 SAR-M specific modules*	6 adapter card slots	12 (2.5 Gb/s full duplex) adapter card slots + 4 (10 Gb/s full duplex) XMDA adapter card slots
Redundancy and resiliency	Synchronization, uplinks, MPLS tunnel, pseudowires, power feeds, cooling fans	Synchronization, uplinks, MPLS tunnel, pseudowires, power feeds, cooling fans*	Control, fabric, synchronization, uplinks, MPLS tunnel, pseudowires, power feeds, cooling fans	Control, fabric, synchronization, uplinks, MPLS tunnel, pseudowires, power feeds, cooling fans
Physical dimensions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Height: 1 RU 4.45 cm (1.75 in.)</li> <li>Depth: 25.4 cm (10 in.)</li> <li>Width: 43.9 cm (17.3 in.)</li> <li>Rack mountable in a 48.2-cm rack, 30-cm depth (standard 19-inch equipment rack, 12-inch depth)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Height: 1 RU 4.4 cm (1.73 in.)</li> <li>Depth: 24.1 cm (9.5 in.)</li> <li>Width: 44.1 cm (17.4 in.)</li> <li>Rack mountable in a 48.2-cm rack, 30-cm depth (standard 19-inch equipment rack, 12-inch depth)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Height: 2 RU, 8.9 cm (3.5 in.)</li> <li>Depth: 25.4 cm (10 in.)</li> <li>Width: 43.9 cm (17.3 in.)</li> <li>Rack mountable in a 48.2-cm rack, 30-cm depth (standard 19-inch equipment rack, 12-inch depth)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Height: 10 RU, 44.5 cm (17.5 in.)</li> <li>Depth: 30 cm (11.8 in.)</li> <li>Width: 43.9 cm (17.3 in.)</li> <li>Rack mountable in a 48.2-cm rack, 30-cm depth (standard 19-inch equipment rack, 12-inch depth)</li> </ul>
Power	<ul style="list-style-type: none"> <li>Two feeds: -48/-60 V DC, or two feeds: +24 V DC</li> <li>Third-party sourced AC power solutions available: 100 V AC - 240 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Two feeds: -48/-60 V DC, or two feeds: +24V DC</li> <li>Third-party sourced AC power solutions available: 100 V AC - 240 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Two feeds: -48/-60 V DC, or two feeds: +24 V DC</li> <li>Third-party sourced AC power solutions available: 100 V AC - 240 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Two feeds: -48/-60 V DC</li> <li>Third-party sourced AC power solutions available: 100 V AC - 240 V AC</li> </ul>
Cooling	Built-in five-fan array with redundancy	Built-in five-fan array with redundancy*	One tray of eight fans with redundancy	One tray of eight fans with redundancy
Operating environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normal operating temperature range: -40°C to +65°C (-40°F to +149°F) sustained</li> <li>Normal humidity: 5% to 95%, non-condensing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normal operating temperature range: -40°C to +65°C (-40°F to +149°F) sustained</li> <li>Normal humidity: 5% to 95%, non-condensing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normal operating temperature range: -40°C to +65°C (-40°F to +149°F) sustained</li> <li>Normal humidity: 5% to 85%, non-condensing</li> <li>Short term (96 hours) extended humidity range: 5% to 95%, non-condensing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normal operating temperature range: -5°C to +45°C (23°F to 113°F) sustained, -5°C to +55°C (23°F to 131°F) extended (96 hours)</li> <li>Normal humidity: 5% to 85%, non-condensing</li> <li>Short term (96 hours) extended humidity range: 5% to 95%, non-condensing</li> </ul>
Shipping and storage temperature	-40°C to +70°C (-40°F to +158°F)	-40°C to +70°C (-40°F to +158°F)	-40°C to +70°C (-40°F to +158°F)	-40°C to +70°C (-40°F to +158°F)

\* Only 7705 SAR-M variants with active cooling have fans and fan redundancy. Passively cooled 7705 SAR-M variants have no fans.

\*\* See Table 2, "7705 SAR-M chassis variants" for details on 7705 SAR-M chassis variants

There are four variants of the 7705 SAR-M. Each column denotes a different set of supported capabilities per 7705 SAR-M configuration.

**Table 2. 7705 SAR-M chassis variants**

ETHERNET PORTS	7 (4 10/100/1000 BASE-TX WITH SFP + 3 10/100/1000 BASE-T)	7 (4 10/100/1000 BASE-TX WITH SFP + 3 10/100/1000 BASE-T)	7 (4 10/100/1000 BASE-TX WITH SFP + 3 10/100/1000 BASE-T)	7 (4 10/100/1000 BASE-TX WITH SFP + 3 10/100/1000 BASE-T)
T1/E1 ports	16	0	16	0
Module slot support	Yes	Yes	No	No
Cooling	Active	Active	Passive	Passive

[www.alcatel-lucent.com](http://www.alcatel-lucent.com) Alcatel, Lucent, Alcatel Lucent and the Alcatel-Lucent logo are trademarks of Alcatel-Lucent. All other trademarks are the property of their respective owners. The information presented is subject to change without notice. Alcatel-Lucent assumes no responsibility for inaccuracies contained herein. Copyright © 2011 Alcatel-Lucent. All rights reserved. M201109633 (September)



## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Jose María Hernando Rábanos, Comunicaciones Móviles  
Centro de Estudios Ramón Areces S.A.
- [2] Ramón Agusti, Francisco Bernardo, Fernando Casadevall, Ramón Ferrús, Jordi Pérez-Romero, Oriol Sallent, LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles  
Fundación Vodafone España
- [3] Kent Hundley, Alcatel-Lucent Scalable IP Networks Self-Study Guide.  
Wiley Publishing Inc., Alcatel-Lucent
- [4] Glenn Warnock, Amin Nathoo, Alcatel-Lucent Networks Routing Specialist II Self-Study Guide  
Wiley Publishing Inc., Alcatel-Lucent
- [5] Zhuo (Frank) Xu., Designing and Implementing IP/MPLS-Based Ethernet Layer 2 VPN Services  
Wiley Publishing Inc., Alcatel-Lucent
- [6] Alcatel-Lucent, Course: Multi-protocol Label Switching v1.3  
Foundation Alcatel-Lucent
- [7] Alcatel-Lucent, Technology White Paper: IP/MPLS Transport in the Evolving GSM/UMTS Mobile Radio Access Network  
Foundation Alcatel-Lucent
- [8] Alcatel-Lucent, Strategic White Paper: The LTE Network Architecture  
Foundation Alcatel-Lucent
- [9] Alcatel-Lucent, Strategic White Paper: Deploying IP/MPLS in Mobile Networks  
Foundation Alcatel-Lucent
- [10] ECI Telecom, A White Paper: Integrating SDH and ATM in UMTS (3G) Access Networks  
Foundation ECI Telecom Ltd.
- [11] Alcatel-Lucent, Capacitación Interna: Proyecto IP-RAN

Fundación Alcatel-Lucent

[12] 3GPP Association

<http://www.3gpp.org/>

[13] Broadband Forum

<http://www.broadband-forum.org/>

[14] The Internet Engineering Task Force (IETF)

<http://www.ietf.org>.

[15] Alcatel-Lucent, page web Service Router

<http://www.alcatel-lucent.com/products/7750-service-router>

[16] Alcatel-Lucent, page web Service Aggregation Router

<http://www.alcatel-lucent.com/products/7705-service-aggregation-router>