

**LOGRANDO REDES IPS CON LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO  
ACTUALES, IGUAL DE SEGURAS COMO LAS DE FRAME RELAY**

**YEISON ARIEL POMARES HURTADO**

**JORGE ENRIQUE RIVERA GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**INGENIERIA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA**

**2008**

**LOGRANDO REDES IPS CON LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO  
ACTUALES, IGUAL DE SEGURAS COMO LAS DE FRAME RELAY**

**YEISON ARIEL POMARES HURTADO**

**JORGE ENRIQUE RIVERA GONZALEZ**

**Monografía presentada para optar el titulo de**

**INGENIERO DE SISTEMAS**

**Director, ROBERTO MERCADO MOLINARES**

**Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**INGENIERIA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA**

**2008**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo, se lo dedico principalmente a Dios por darme sabiduría y entendimiento en todos los momentos en que he estado estudiando, además de los profesores que han hecho de mí, una persona con grandes valores que me hacen sentirme bien en la sociedad, así mismo con mis amigos, mis padres y demás allegados que siempre me ayudaron de una u otra forma en mis actividades diarias.

**YEISON POMARES HURTADO**

## DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a **Dios** por darme la vida, sabiduría y por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

A Doris Bernarda González González mi madre que siempre está allí cuando más la necesito y aunque no la necesite también está allí, por hacerme una persona de bien.

A Jorge Eliecer Rivera Domínguez mi padre que siempre me está apoyando en lo que necesite y por guiarme por el mejor camino de la vida.

A Shirley Paola Rivera González mi hermana por ser una gran persona en mi vida.

Y a todos mis demás familiares, profesores, las que creyeron y no creyeron en mí.

**JORGE RIVERA GONZALEZ**

## AUTORIZACION

Cartagena de indias D.T y C.

Nosotros YEISON ARIEL POMARES HURTADO, con cedula de ciudadanía 73.009.966 de Cartagena, y JORGE ENRIQUE RIVERA GONZALEZ, con cedula de ciudadanía 73.006.834 de Cartagena. Autorizamos a la universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de nuestro trabajo de grado y publicarlo, en el catalogo online de la biblioteca.

Cordialmente,

---

YEISON POMARES HURTADO  
C.C 73.009.966 de Cartagena

---

JORGE RIVERA GONZALEZ  
C.C 73.006.834 de Cartagena

Cartagena de Indias, D. T y C, 31 de Enero de 2008.

Señores:

Comité Facultad Ingeniera de Sistemas.

Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Ciudad.

Apreciados Señores:

Cordialmente me permito informarles que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de los estudiantes **YEISON POMARES HURTADO** y **JORGE RIVERA GONZALEZ**, titulado: **“LOGRANDO REDES IPS CON LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO ACTUALES, IGUAL DE SEGURAS COMO LAS DE FRAME RELAY”**.

Atentamente,

---

**ING. ROBERTO MERCADO.**

# **SOBRE LA INVESTIGACION**

## **TITULO DE LA INVESTIGACION**

Logrando redes IP'S con las tecnologías de acceso actuales, igual de seguras como las de Frame Relay.

## **AREA DE INVESTIGACION**

El área de investigación es telecomunicaciones, y observar el objetivo actual por parte de los proveedores en ofrecer una cantidad servicios, a través de un mismo canal para llegar al usuario final con redes de acceso de última tecnología, que ofrecen buen ancho de banda, minimizando los costos del despliegue de estas; como anteriormente se utilizaban en una red especializada para cada servicio, era más costoso el despliegue de estas y por esto, hoy en día se están utilizando redes de última tecnología.

## **COBERTURA DE INVESTIGACION**

Debido a que las modernas tecnologías están desarrolladas por diferentes instituciones, la información se ha analizado a partir de varias fuentes o firmas que se encargan de construir dispositivos heterogéneos que usan estas tecnologías, así mismo por medio de los estándares, la información se puede estudiar de una manera general permitiendo unificar todos los conceptos que se pueden manejar entre estas tecnologías, donde hay que tener en cuenta todo lo referente a estas y en donde esté implementada. Las tecnologías de acceso actual son utilizadas por los proveedores de servicio para ofrecer un buen ancho de banda, múltiples servicios, y al mismo tiempo de minimizar los costos del desarrollo de la red, ya que estas tecnologías permiten extender a grandes distancias las redes y así no utilizar otras tecnologías que son mucho más costosas; gracias a la tecnología Ethernet, así mismo estas tecnologías actuales permiten reutilizar la infraestructura ya existente como el cable coaxial, las redes telefónicas, entre otras, para el despliegue de las redes de acceso de los proveedores y así llegar de una manera más flexible y segura a cada cliente.

## **CAMPO DE INVESTIGACION**

Esta monografía abarca varias tecnologías de interconexión WAN (Red de Área Extensa), por lo que nos permiten desplegar una red multiservicios hasta el último kilómetro. Se analizarán los diferentes estándares que emplean y además como trabajan e interactúan entre ellas para llevar numerosos servicios a grandes distancias y con gran ancho de banda, que las tecnologías antiguas no podían hacer, ya que prestaban un solo servicio por cada tramo de red implementada. Así mismo tenemos que asimilar algunos aspectos y técnicas de las redes WAN (Red de área extensa) y MAN (Red de área metropolitana), que son las redes que ofrecen cobertura a grandes distancias, y por medio de ellas, los proveedores llevan los servicios hasta el cliente.

## **ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA**

Hoy en día, existen muchas tecnologías que ofrecen gran ancho de banda y grandes velocidades que permiten la interconexión de manera inalámbrica y en movimiento, entre estas tenemos a Wimax Móvil, 3G, Wibro, Entre otros. Los inconvenientes que existen entre estas nuevas tecnologías son las licencias para poder funcionar en algunos países, debido a que muchas veces las frecuencias son utilizadas para otras operaciones y no es posible liberar el espectro para poder funcionar. En el mercado latinoamericano se ha estado implementado 3G en los operadores móviles sobre bandas ya existentes como son la 850Mhz y 1900Mhz; 3G en muchos otros países opera en la banda 2100Mhz para ofrecer un mejor ancho de banda, pero en Latinoamérica esta banda es utilizada por el gobierno para otras tareas.

Mientras tanto, WIBRO es una tecnología de banda ancha inalámbrica desarrollada por la industria de telecomunicaciones coreana, La ventaja de WiBro frente a otras tecnologías es la fiabilidad de la señal aunque estemos en movimiento siempre se tendrá la conexión dentro del área de cobertura. Así mismo Wimax ofrece su señal hasta 70Km de radio de una radio base, permitiendo así ofrecer el servicio a muy distante y es por esto que es fácil cubrir una ciudad entera con la última versión de Wimax.

## DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Para muchas empresas o proveedores de servicio, muchas veces es difícil interconectar diferentes redes que tienen en distintas sede en una misma ciudad o en un mismo área metropolitana, existen tecnologías que permiten interconectar este tipo de sedes a grandes distancias, tecnologías que permitan la conectividad entre sedes u oficinas, pero a un alto costo y que solo ofrecen un servicio por tramo de red. Por ende muchas empresas y proveedores de servicio, están implementando redes con tecnología actual que permiten ofrecer diversos servicios a través de una misma red por diferentes medios de comunicación como el cobre, la fibra óptica y vía radio para tecnologías inalámbricas.

En la actualidad se logra interconectar redes de sedes, empresas y otras a grandes distancias a través de tecnologías inalámbricas, pero muchas veces son más costosas y no son más seguras que las redes cableadas, la latencia aumenta y ocurren mas perdidas en la comunicación, y es por esto que las tecnologías cableadas ofrecen mayor fiabilidad y disponibilidad a la redes.

Por medio de las tecnologías actuales, los proveedores de servicio pueden desplegar su red de multiplex servicios, para luego ofrecerles a los usuarios finales y otros proveedores.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Analizar como las tecnologías actuales pueden comportarse de la misma manera que las otras tecnologías que solo ofrecían un solo servicio por tramo de red y aun así conseguir ofrecer diferentes servicios por medio de una misma red trabajando en conjunto con varias tecnologías actuales para lograr establecer la comunicación desde las redes de acceso, hasta el núcleo.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Investigar cómo funcionaban anteriormente las tecnologías que se usaban para poder ofrecer los servicios y así establecer comparación con las actuales.
- Estudiar las tecnologías actuales para comprender como trabajan cada una de ellas y como los proveedores hoy en día despliegan sus redes sobre estas.
- Asimilar como las tecnologías actuales pueden trabajar en conjunto, para ofrecer multiplex servicios a través de uno o varios medios de comunicación, para así llegar al usuario final y ofrecer toda una gama de servicios.
- Verificar que tan seguras pueden ser las tecnologías actuales en comparación a otras tecnologías que brindan los mismos servicios, pero de una manera diferente de la red.

## **JUSTIFICACION**

Actualmente las tecnologías de grandes distancias o WAN son muy utilizadas hoy en día, ya que el principal objetivo de las telecomunicaciones es compartir información en ambos sentidos y es necesario interconectar entre más lejos este y en cuanto más seguro pueda ser desplegar una red de servicio y aplicaciones.

Gracias a estas tecnologías actuales se pueden ahorrar costos operacionales en cuanto a la prestación de los servicios, además de delimitar el costo del despliegue de la red por medio de medios de comunicación que ya existen en la actualidad y se pueden implementar sobre ellos.

Es por esto que en este trabajo se logra identificar y analizar las nuevas tecnologías, los servicios que pueden prestar, los antecedentes que han tenido, para llegar a lo que son hoy en día, y como trabajan en conjunto con varias tecnologías actuales para lograr llevar múltiples servicios a través de un mismo o varios medios de comunicación.

## **TIPO DE INVESTIGACION**

En esta investigación tenemos distintos enfoques como son: Históricos, Relaciones, de desarrollo tecnológico, descriptivos, entre otros. Debido a que las redes son tecnologías que han tenido muchos avances históricos. Se estudiara los servicios que brindan estas tecnologías, las distintas relaciones que tiene el núcleo MPLS/ATM, la red de distribución con MetroEthernet, con las demás redes de acceso como xDSL, HFC, PLC, Etc.; y por último se mostrara el desarrollo tecnológico que han tenido este conjunto de técnicas que han escogido los proveedores de servicio para implementar sus redes.

---

## CONTENIDO

Pág.

### 1. REDES ANTERIORES

---

1.1 FRAME RELAY	2
1.1.1 TECNICAS DE CONMUTACION DE PAQUETES	3
1.1.1.1 PAQUETES DE LONGITUD VARIABLE	3
1.1.1.2 MULTIPLEXACIÓN ESTADÍSTICA	3
1.1.2 APLICACIONES Y BENEFICIOS	5
1.2 HDSL	7

### 2. LAS REDES DE HOY

---

2.1 INTRODUCCION	10
2.2 LAS REDES DE ACCESO	10
2.2.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LAS REDES DE ACCESO	12
2.2.1.1 CONSIDERACIONES GEOGRÁFICAS	12
2.2.1.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS	12

<b>2.2.2 TIPOS DE TECNOLOGÍAS DE ACCESO</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2.1 TECNOLOGÍAS DE ACCESO GUIADO</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2.2 TECNOLOGÍAS DE ACCESO NO GUIADO</b>	<b>12</b>
<b>2.2.3 LAS REDES DE ACCESO</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3.1 XDSL O LÍNEA DE CLIENTE DIGITAL</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3.1.1 PÉRDIDA DE INSERCIÓN Y RUIDO</b>	<b>14</b>
<b>2.2.3.1.2 XDSL FRENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS</b>	<b>15</b>
<b>2.2.3.2 HFC O HÍBRIDO DE FIBRA Y COAXIAL</b>	<b>16</b>
<b>2.2.3.2.1 COMPOSICION DE UNA RED DE ACCESO HFC</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL CABLE MODEM</b>	<b>21</b>
<b>2.2.3.3 WLL O WIRELESS LOCAL LOOP</b>	<b>25</b>
<b>2.2.3.3.1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO WLL</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3.3.2 GENERACIONES DE REDES WLL</b>	<b>27</b>
<b>2.2.3.3.3 INFRAESTRUCTURA DE WLL</b>	<b>28</b>
<b>2.2.3.3.3.1 TERMINALES</b>	<b>28</b>
<b>2.2.3.3.3.2 LAS RADIO BASES WLL</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3.4 PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS)</b>	<b>30</b>
<b>2.2.3.4.1 INFRAESTRUCTURA PLC</b>	<b>34</b>
<b>2.3 REDES DE DISTRIBUCION</b>	<b>36</b>

<b>2.3.1 METRO ETHERNET</b>	<b>36</b>
<b>2.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL ANCHO DE BANDA</b>	<b>39</b>
<b>2.3.1.2 SERVICIOS ETHERNET</b>	<b>40</b>
<b>2.4 REDES DE NUCLEO</b>	<b>42</b>
<b>2.4.1 MPLS (MULTI-PROTOCOL LABEL SWITCHING)</b>	<b>42</b>
<b>2.4.1.1 PRINCIPALES APLICACIONES DE MPLS</b>	<b>44</b>
<b>2.4.1.2 CARACTERÍSTICAS</b>	<b>45</b>
<b>2.4.1.3 FUNCIONAMIENTO</b>	<b>45</b>
<b>2.4.1.4 ENVIO (FORWARDING), RUTEO (ROUTING) Y CONMUTACION (SWITCHING)</b>	<b>48</b>
<b>2.4.1.5 LSR (LABEL SWITCHING ROUTER) Y LER (LABEL EDGE ROUTER)</b>	<b>49</b>
<b>2.4.1.6 ARQUITECTURA DE UN LSR Y UN LER</b>	<b>50</b>
<b>2.4.1.7 NÚCLEO MPLS</b>	<b>51</b>
<b>2.4.1.8 COMPONENTES DE UNA RED MPLS</b>	<b>52</b>
<b>2.4.1.8.1 LSP (LABEL SWITCHING PATH)</b>	<b>52</b>
<b>2.4.1.8.1.1 TIPOS DE LSP</b>	<b>53</b>
<b>2.4.1.8.2 TIPOS DE TRAYECTOS CON CONMUTACIÓN DE ETIQUETAS</b>	<b>54</b>
<b>2.4.1.8.3 LABEL O ETIQUETAS</b>	<b>55</b>
<b>2.4.1.8.3.1 ENCAPSULADO DE LA ETIQUETA MPLS GENÉRICA</b>	<b>55</b>

**2.4.1.8.3.2 ETIQUETA MPLS GENÉRICA 55**

**2.4.1.8.4 UNIONES A ETIQUETAS 57**

### **3. DISEÑO DE UNA RED DE TECNOLOGIA ACTUAL**



**3. DISEÑO DE UNA RED DE TECNOLOGIA ACTUAL 58**

**GLOSARIO DE ACRONIMOS 60**

**GLOSARIO DE TÉRMINOS 62**

**LISTA DE FIGURAS 72**

**BIBLIOGRAFÍA 74**

# **CAPITULO 1**

# 1. REDES ANTERIORES

## 1.1 FRAME RELAY

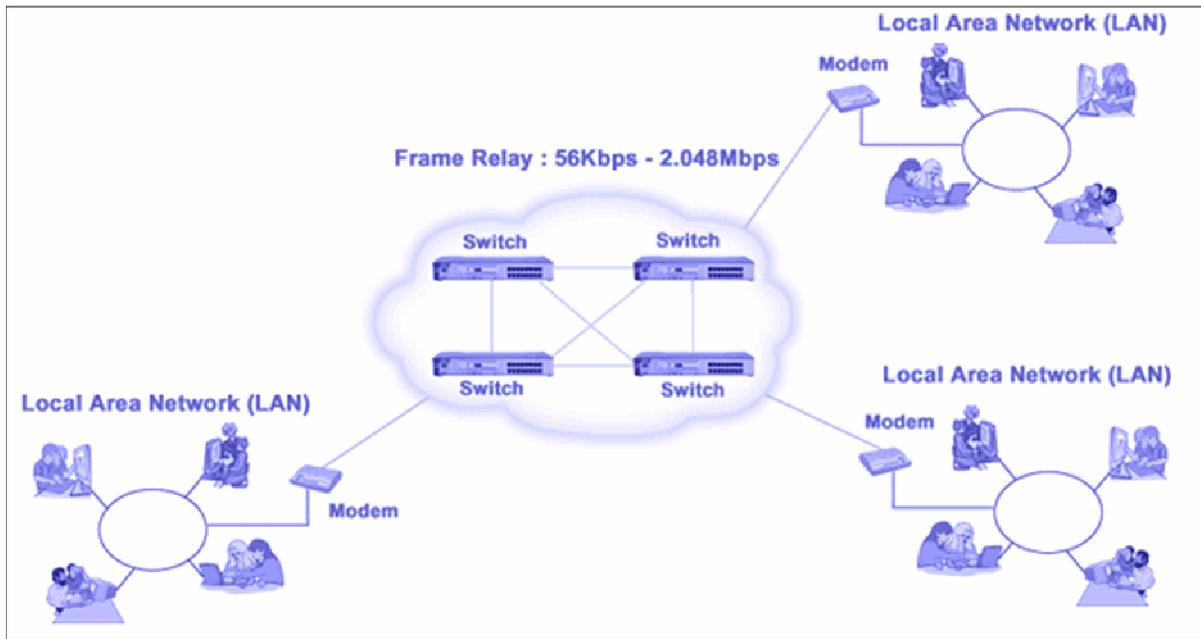


Figura 1.1 Frame Relay

Frame Relay empezó como un movimiento donde originalmente fue diseñado para el uso de RDSI<sup>1</sup> y X.25. Es una tecnología WAN (Red de Área Extensa) que opera en la capa Física (Capa 2) y Enlace de Datos (Capa 3) del modelo de referencia OSI<sup>2</sup>.

Las especificaciones de Frame Relay fueron definidas por ANSI<sup>3</sup>, teniendo como objetivo para superar la lentitud de X.25, eliminando la función de los conmutadores, en cada "salto" de la red.

<sup>1</sup> Red Digital de Servicios Integrados

<sup>2</sup> El modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI).

<sup>3</sup> Instituto Nacional Americano de Estándares

X.25 se ha venido utilizando como medio de comunicación para datos a través de redes telefónicas con infraestructuras analógicas en donde la baja calidad de los medios de transmisión con un alta tasas de errores, lo cual lleva que tenga redundancia en los mecanismo de control de flujo y controles de errores. Lo cual Frame Relay maximiza la eficacia aprovechándose de las modernas infraestructuras, de mucha mayor calidad y de bajos índices de error, por lo tanto permite mayor flujo de información.

Frame Relay ha sido especialmente adaptado para velocidades de hasta 2.048 Mbps, aunque puede superarlas.

Frame Relay utiliza la conmutación de paquetes. Las redes de conmutación de paquetes permitirán a las estaciones compartir dinámicamente el medio de la red y el ancho de banda disponible. La conmutación de paquetes utiliza las siguientes dos técnicas:

## **1.1.1 TECNICAS DE CONMUTACION DE PAQUETES**

### **1.1.1.1 Paquetes de longitud variable:**

Los paquetes de longitud variable se utilizan para hacer más eficiente y flexible la transferencia de datos, estos paquetes se intercambian entre los distintos segmentos de la red hasta llegar a su destino.

### **1.1.1.2 Multiplexación Estadística:**

La estadística de multiplexación es que da cabida a una mayor flexibilidad y un uso más eficiente del ancho de banda.

Entre las redes más populares de área local de conmutación de paquetes se encuentran Ethernet y Token Ring.

Frame Relay es una versión simplificada de X.25, la cual ofrece menos de la solida capacidad como el entorno de ventanas y la redifusión de los últimos datos que se ofrecen en X.25. Esto se debe a que Frame Relay WAN típicamente opera más de las instalaciones que ofrecen servicios de conexión más fiable y un mayor grado de fiabilidad de las instalaciones y servicios disponibles a finales de 1970 que sirvieron de plataforma comunes para X.25 WAN.

Frame Relay estrictamente es un protocolo de de la Capa dos, que proporciona servicios de X.25 en la Capa tres; para ofrecer un mayor rendimiento y una mayor eficacia de la transmisión que X.25, Frame Relay los hace más adecuados para las actuales aplicaciones WAN, como la interconexión LAN.

Por ejemplo, Si un usuario A desea una comunicación con el usuario B, primero establecerá un Circuito Virtual (VC o Virtual Circuit), que los interconecte. La información a ser enviada se segmenta en tramas a las que se añade el DLCI.<sup>4</sup>

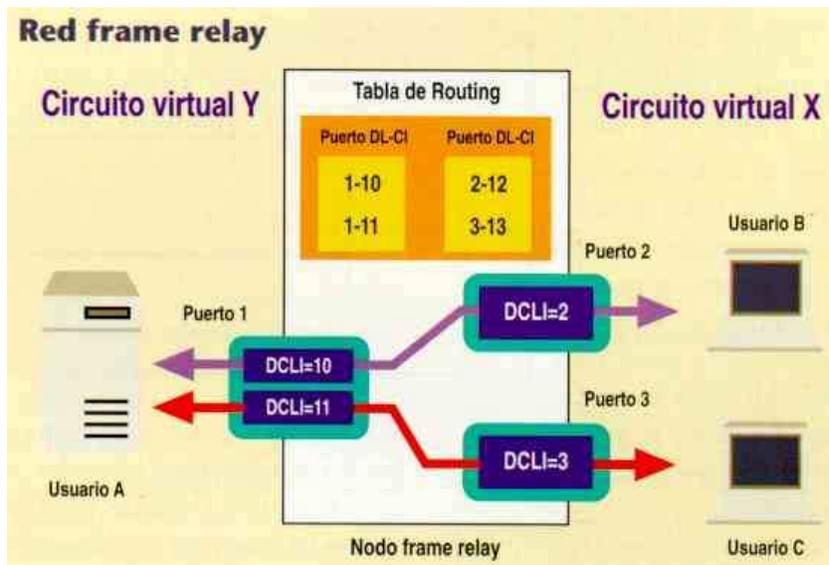


Figura 1.2 Red Frame Relay 1

<sup>4</sup> Tomado de <http://www.consulintel.es/html/tutoriales>

Una vez que las tramas son entregadas a la red, son conmutadas según unas tablas de enrutamiento que se encargan de asociar cada DLCI de entrada a un puerto de salida y un nuevo DLCI, en destino, las tramas son reensambladas.

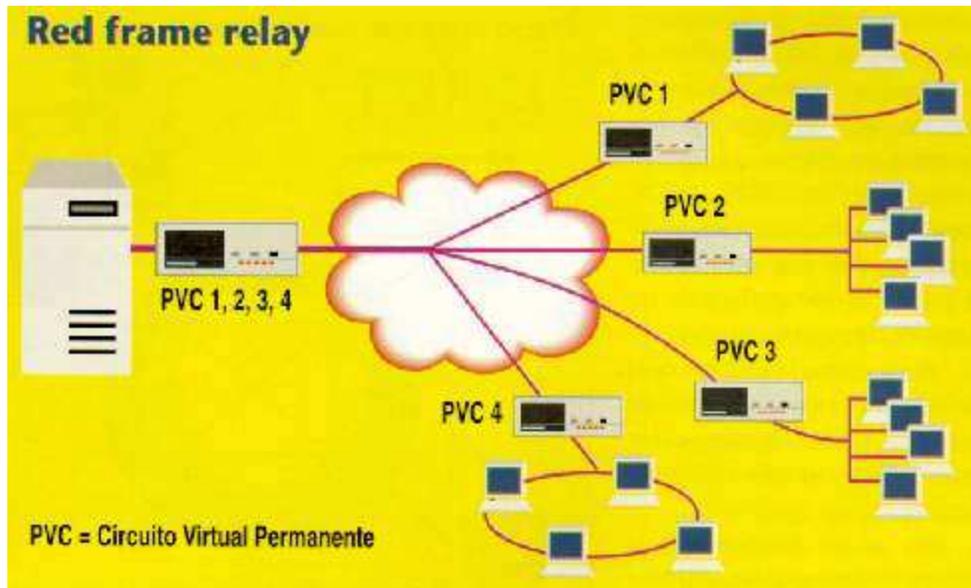


Figura 1.3 Red Frame Relay 2

### 1.1.2 APLICACIONES Y BENEFICIOS<sup>5</sup>

- Reducción de complejidad en la red. Conexiones virtuales múltiples son capaces de compartir la misma línea de acceso.
- Equipo a costo reducido. Se reduce las necesidades del “hardware” y el procesamiento simplificado ofrece un mayor rendimiento por su dinero.

<sup>5</sup> Tomado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Frame\\_Relay](http://es.wikipedia.org/wiki/Frame_Relay)

- Mejora del desempeño y del tiempo de respuesta. Conectividad directa entre localidades con pocos atrasos en la red.
- Mayor disponibilidad en la red. Las conexiones a la red pueden redirigirse automáticamente a diversos cursos cuando ocurre un error.
- Se pueden utilizar procedimientos de Calidad de Servicio (QoS) basados en el funcionamiento Frame Relay.
- Tarifa fija. Los precios no son sensitivos a la distancia, lo que significa que los clientes no son penalizados por conexiones a largas distancias.
- Mayor flexibilidad. Las conexiones son definidas por los programas. Los cambios hechos a la red son más rápidos y a menor costo si se comparan con otros servicios.

## 1.2 HDSL<sup>6</sup>

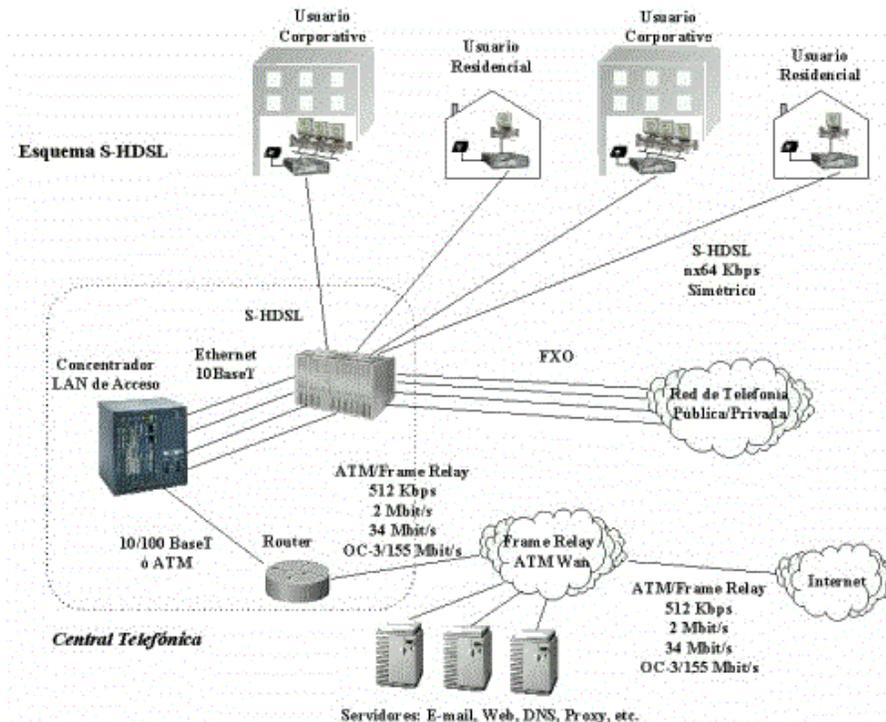


Figura 1.4 Esquema de Red HDSL

HDSL es una tecnología que permite aprovechar los pares de cobre que conforman la planta externa telefónica para la transmisión de señales digitales de hasta 2.048 Mbps. En el desarrollo de esta tecnología se tuvieron que tener en cuenta mucho en las características físicas del medio ya que las distancias medias empleadas en los servicios de telefonía son de 2 a 4 Km.

HDSL se basa en obtener más distancia de cable de cobre sin repetidores esto gracias a un código de línea. Esta tecnología emplea dos pares de cobre cada uno operando en modo de full-dúplex. Al contrario de T1<sup>7</sup> que utilizan un par de cobre para enviar y el otro para recibir a 1.544 Mbps.

<sup>6</sup> Tomado de <http://www.neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/hdsl.html>

<sup>7</sup> T-portador

HDSL en E1 opera a 1.544Mbps y en T1 opera a 2.048 Mbps full-dúplex. El alcance de la depende de la medida del alambre del cobre desplegado.

HDSL parte de una técnica de transmisión que amplía un ancho de banda estrecho como el de cobre para trabajar en el rango de los Multimegabits. El principio de esta tecnología es transmitir en full-dúplex por dos pares telefónicos una cantidad de tráfico de bits.

HDLS da una solución que la podemos llamar la compensación de la señal, de considerar las condiciones existentes en el cable por donde se transmite la información; así el cable de cobre permite al sistema de transmisión compensar las distorsiones originadas del medio. La técnica hace que los 2.048 Mbps lleguen al cliente a través del dispositivo HDSL, y de allí que la trama se divida en dos por cada par de cobre. Al llegar la señal al otro extremo se reensamblan las dos señales, y se restituyen los 2.048 Mbps con la estructura de la trama completa. En el uso de la ecualización adaptiva se tienen resueltos dos aspectos; el primero, reducir el ancho de banda en el cobre y lo segundo, compensar las señales por defectos en la transmisión.

## **CAPITULO 2**

## 2. LAS REDES DE HOY

### 2.1 INTRODUCCION

Las redes de última tecnología, le permiten a los proveedores ofrecer su gama de servicios a través de diferentes medios como el aire, cableado, fibra óptica, entre otros, que permiten llevar los servicios hasta el último kilómetro. Los proveedores hoy en día, han optado por implementar redes de acceso de última tecnología por que le permiten llegar a los usuarios, a través de infraestructura ya existente como líneas telefónicas, tv por cable; también llevan los servicios de manera inalámbrica con tecnologías como Wimax, WLL, GPRS/EDGE, 3G, ETC.

### 2.2 LAS REDES DE ACCESO



Figura 2.1 Red de Acceso

El acceso juega un papel muy importante desde el punto de vista tecnológico, dentro del desarrollo de un nuevo modelo de red. La evolución de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de nuevas redes y servicios que hoy en día y cada vez en mayor medida, los usuarios demandan accesos de banda ancha que le permitan

acceder a nuevos servicios que requieren gran anchos de banda y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones.

Los usuarios de servicios de telecomunicaciones, lo mismo que los operadores, exigen unos costes menores y enlaces de alta capacidad que les permitan aumentar su competitividad en un mercado liberalizado. El acceso juega un papel de gran importancia desde el punto de vista tecnológico dentro del desarrollo del modelo de redes, el desarrollo de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de nuevas redes y servicios, y los usuarios demandan tecnologías de acceso de banda ancha que les permitan acceder a un conjunto de nuevos servicios y prestaciones que les ofrecen las redes de comunicación.

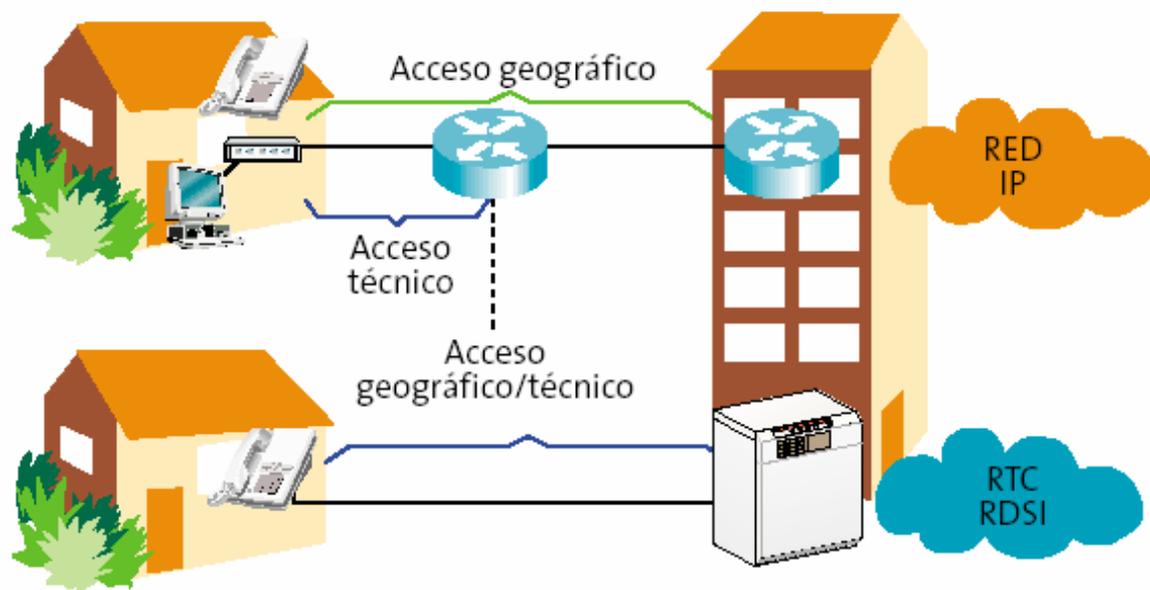


Figura 2.2 Red de Servicios de Telecomunicaciones

## **2.2.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LAS REDES DE ACCESO**

**2.2.1.1 Consideraciones Geográficas:** Son todas aquellas que hacen referencia a la infraestructura existente entre el punto de conexión de la Terminal de usuario y la central de conmutación

**2.2.1.2 Consideraciones Técnicas:** Son aquellas que hacen referencia a la infraestructura de comunicaciones existente entre el punto de conexión de la terminal del usuario y además incluye el primer equipo que procesa la información hasta el nivel de red

## **2.2.2 TIPOS DE TECNOLOGÍAS DE ACCESO**

**2.2.2.1 Tecnologías de acceso Guiado:** Son todas aquellas que requieren de la existencia de un medio físico de transmisión que transporte en su interior la información entre los extremos. Entre estos tenemos el par de cobre, cable coaxial, cable de la red eléctrica, fibra óptica entre otros.

**2.2.2.2 Tecnologías de acceso NO Guiado:** Son todas aquellas que emplean como medio de transmisión el aire es decir propagan la información por medio del uso del espectro electromagnético, ondas de radio. Entre estas tenemos

## **2.2.3 LAS REDES DE ACCESO**

### **2.2.3.1 XDSL o Línea de Cliente Digital**

xDSL es una tecnología de acceso guiado, es la arquitectura de red más ampliamente difundida para proporcionar acceso a los servicios de telecomunicaciones.

Los usuarios requieren actualmente de servicios que necesitan gran ancho de banda, para el acceso a Internet, Intranets, y acceso remoto a Redes de Área Local, las nuevas tecnologías les proveen soluciones de gran ancho de banda sobre la red telefónica de cobre existente, permitiendo a los proveedores de telecomunicaciones y a las compañías que poseen redes privadas de cobre, rápidamente cubrir sus demandas y requerimientos sin necesidad de un recableado costoso y consumidor de tiempo.

Las tecnologías xDSL son la última oportunidad que le queda a las redes de multipares telefónicas convencionales para competir con otras tecnologías y redes que ofrecen amplios anchos de banda (cable, radio y satélite). Las tecnologías xDSL han surgido con el fin de utilizar la red local telefónica existente para transmitir información, audio y video en forma digital y proporcionar una velocidad de bits mayor que ISDN<sup>8</sup> y los módems tradicionales.

Las tecnologías xDSL en general utilizan un módem especial unido a cada extremo terminal de la red de cobre telefónica, es decir, un módem en el extremo del cliente y otro en la central telefónica.

xDSL es una tecnología de transmisión analógica muy avanzada, que permite transportar información digital a altas velocidades a través de pares telefónicos

---

<sup>8</sup> Red Digital de Servicios Integrados o RDSI

comunes, mediante sistemas de modulación-demodulación complejos. La “x” se utiliza para diferenciar los tipos de servicios y/o tecnologías DSL (ej.: HDSL, SDSL, ADSL, VDSL,...).

Entre mayor capacidad y velocidad, mayores y más complejas se hacen las aplicaciones. Es decir, tan pronto se resuelva el problema capacidad del Backbone<sup>9</sup> de Internet y todas las ISPs (Proveedor de servicio de Internet) tengan acceso ATM de alta velocidad, las páginas y aplicaciones de Internet se harán cada vez más complejas y ricas en funciones multimedia e interactividad en tiempo real.

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Aplicación
Serie V (CCITT)	Módems banda vocal	1.2 a 33.6 Kbit/s	Dúplex	Comunicación de datos (fax)
DSL	Digital Subscriber Line	160 Kbit/s	Dúplex	RDSI (voz y comunicación de datos)
HDSL	High data rate Digital Subscriber line	1.544 y 2.048 Mbit/s	Dúplex	Servicios T1/E1 Acceso LAN y WAN Conexión de PBX
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	1.544 y 2.048 Mbit/s	Dúplex	Igual que HDSL más acceso para servicios simétricos
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1.5 a 9 Mbit/s 16 a 640 Kbit/s	Descendente Ascendente	Acceso Internet, vídeo bajo demanda, multimedia interactiva
VDSL (BDSL)	Very high data rate Digital Subscriber Line	13 a 52 Mbit/s 1.5 a 2.3 Mbit/s	Descendente Ascendente (en un futuro dúplex)	Igual que ADSL más TV de alta definición

### 2.2.3.1.1 PÉRDIDA DE INSERCIÓN Y RUIDO

Además parte de las fallas en el cable (cortos, abiertos, etc), los xDSLs son muy afectados por el ruido (principalmente crosstalk de otros servicios) y por las características de atenuación del cable. En general, la característica de atenuación en todo el ancho de banda es una índice excelente, porque resume o contiene todos los efectos causados por parámetros individuales. Es decir, conociendo la curva de atenuación es posible identificar muchos de los problemas del cable.

<sup>9</sup> Principales conexiones troncales de Internet

### **2.2.3.1.2 XDSL FRENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS**

La ventaja de esta técnica de transmisión, frente a otras, radica en que es aplicable a la casi totalidad de líneas ya existentes, mientras que otras tecnologías necesitan de un tendido de cable nuevo o la modificación de los existentes para su soporte. Por ello, su implementación es muchísimo más costosa y más demandante en tiempo y trabajo.

Las redes HFC<sup>10</sup>, a pesar de que esta red permite soportar tecnologías con velocidades superiores a los 9Mb/s, el factor beneficio–costo es menor que el que presenta una red implementada con tecnología ADSL. Cualquier usuario que cuente con una línea telefónica convencional, puede aspirar a tener un acceso de banda ancha a cualquier red, sin implicar una inversión muy costosa para ellos, ni para la empresa proveedora del servicio. Una red HFC tiene un alto performance, pero hay que instalar la fibra óptica, los cables coaxiales y los costosos equipos, para esto se requiere que los clientes estén dispuestos a asumir los costos que ello implica.

Resulta evidente que estas redes deben orientarse a clientes con necesidades de ancho de banda superiores a los que puede otorgar xDSL.

---

<sup>10</sup> *Híbrido de Fibra y Coaxial*

### 2.2.3.2 HFC o HÍBRIDO DE FIBRA Y COAXIAL

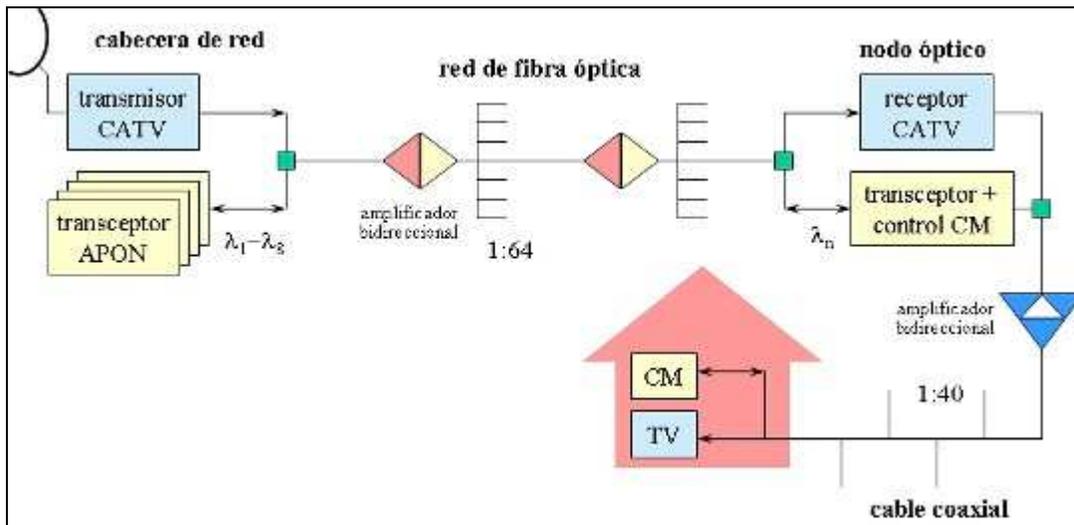


Figura 2.3 Diseño de una Red HFC

El desarrollo de las nuevas redes de comunicación por cable viene reguladas a nivel de transporte por normativas generadas por comités como el IEEE 802.14<sup>11</sup>, el DAViC (Digital Audio Visual Council) o por el propio CCITT y ATM Forum en B-ISDN (ISDN Banda Ancha) o los comités MPEG a nivel de servicios. Los estándares 802.14 y MCNS (Sistemas de Redes de Canal Multimedia) están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de Capas Físicas y del protocolo MAC para implementar redes bidireccionales HFC.

Las especificaciones de la Capa Física definen características eléctricas del cable tales como las técnicas de modulación, tasas y frecuencias usadas. También describen varias operaciones de calidad en el sistema final de la capa física tales

<sup>11</sup> Comité para formar el estándar de 100 base que sustituye CSMA/CD por asignación de prioridades.

como perturbaciones, corrección de errores adelantada (FEC), sincronización de rangos y latencias.

El Grupo de trabajo IEEE 802.14 está caracterizado para crear estándares para transportar información sobre el cable tradicional de redes de TV. La arquitectura especifica un híbrido fibra óptica/coaxial que puede abarcar un radio de 80 kilómetros desde la cabecera. El objetivo primordial del protocolo de red en el diseño es el de transportar diferentes tipos de tráfico del IEEE 802.2 LLC (Control de Enlace Lógico), como por ejemplo Ethernet. El grupo del estándar de la IEEE 802.14 define el protocolo de Capa Física y Control de Acceso al Medio (MAC) de redes usando cables Híbridos Fibra Óptica/Coaxial (HFC). Varios protocolos MAC han sido propuestos por el grupo de trabajo el cual tiene que comenzar la evaluación de procesos para concebir un sencillo protocolo MAC satisfaciendo todos los requerimientos de HFC.

Actualmente existen organizaciones implicadas en procesos de normalización de las telecomunicaciones en todo el mundo.

Las tecnologías utilizadas son:

- **FTTH (Fiber to the home)**. Fibra hasta el usuario. Es la de mayor ancho de banda pero la más cara. Topología tipo estrella llegando una fibra a cada usuario.
- **FTTC (Fiber To The Curb)**. Fibra hasta el barrio o edificio y coaxial o TP hasta el usuario. Es más barato que la FTTH.
- **HFC (Hybrid Fiber Coax)**. Fibra hasta el nodo. Cada 300 o 500 usuarios se unen con un cable coaxial en forma de bus. Los coaxiales se concentran en los nodos que se unen mediante fibra óptica. El más barato y más utilizado.
- **FTTN (Fiber To The Node)**. Similar a HFC.

Las redes de cable híbridas fibra óptica-coaxial (HFC) son un tipo de red de acceso que se está convirtiendo en una de las opciones preferidas por los operadores de telecomunicaciones de todo el mundo para ofrecer a sus abonados un abanico de servicios y aplicaciones cada vez más amplio, y que abarca desde la TV digital interactiva hasta el acceso a Internet a alta velocidad, pasando por la telefonía.

Las redes de acceso HFC constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital. El acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, etc.) mediante cablemódems parece que se va a convertir en uno de los grandes atractivos de estas redes y en una fuente de ingresos importante para sus operadores. Paralelamente al despliegue de servicios de TV y datos, los ISP de redes HFC están muy interesados en ofrecer servicios de telefonía a sus abonados, tanto residenciales como empresariales.

Una red HFC puede amortizarse prestando simultáneamente una multiplicidad de servicios, uno de los cuales consiste en alquilar parte del excedente de capacidad de transmisión de la red troncal de fibra óptica a empresas o instituciones que la necesiten para interconectar redes locales de edificios distantes entre sí o para cursar tráfico telefónico directamente entre éstos.

Las primeras redes de cable se desarrollaron a finales de los años 40, con el objetivo de posibilitar la distribución de la señal de televisión en las pequeñas ciudades asentadas en los valles de las montañas de Pennsylvania, EEUU.

Más tarde, Milton J. Shapp aplicó el mismo principio a nivel de edificios individuales, evitando así la acumulación de antenas particulares en los tejados de los edificios. Mr. Shapp fue el primero en usar cables coaxiales para tal fin.

Tras su nacimiento, las redes CATV se popularizaron y extendieron por EEUU. En 1972, Service Electric ofreció el primer servicio de televisión de pago (Pay TV), denominado Home Box Office o HBO, a través de su sistema de cable. Aunque en la

primera noche de emisión de HBO sólo fue visto por unos pocos cientos de personas, su crecimiento fue espectacular, y se convirtió en el servicio de cable con mayor difusión, superando los 11.5 millones de espectadores. En parte ello se debió a que sus propietarios, Time, Inc., decidieron distribuir la señal vía satélite, en lo que también fueron pioneros. Actualmente se estima que, tan sólo en EEUU, el número de suscripciones a servicios de TV por cable alcanza los 60 millones.

Las redes CATV actuales suelen transportar la señal mediante fibra óptica, para cubrir distancias relativamente largas, y coaxial, para la distribución en las proximidades. Se trata de una red híbrida de fibra y coaxial, habitualmente referida como HFC (Hybrid Fiber/Coax). El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido, gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos. Estos servicios, en particular, telefonía, datos e Internet, y vídeo a la carta (VOD, Video On Demand), requieren que la red permita la comunicación en ambos sentidos.

La primera opción tecnológica existente para ofrecer telefonía por cable consiste en superponer una red de acceso telefónico a la red de distribución de televisión por cable. Esta arquitectura, conocida habitualmente como overlay, combina dos tecnologías diferentes sobre las que se tiene una gran experiencia por separado, por lo que su construcción resulta relativamente sencilla. Y aunque no se alcanza con ella un nivel alto de integración de la red, tiene la capacidad de poder ser diseñada de tal manera que sea de rápido despliegue, económica, flexible, fiable, y que tenga en cuenta una posible evolución futura hacia arquitecturas más avanzadas y con un mayor nivel de integración.

La arquitectura overlay lleva un canal de 64 Kbps hasta cada uno de los hogares pasados por la red, a través de un cable de pares, directamente desde el nodo óptico. En el nodo, las señales a 64 Kbps se multiplexan para formar canales agregados a 2 Mbps, y éstos a su vez forman canales de niveles jerárquicos superiores (8, 34 y 140 Mbps), hasta llegar a la cabecera. En la cabecera, un

conmutador local hace de interfaz entre la red overlay y la red telefónica conmutada (RTC). En este tipo de arquitectura, por tanto, el operador pone a disposición de cada abonado un canal telefónico dedicado, y toda la concentración del tráfico se realiza en la cabecera.

#### **2.2.3.2.1 COMPOSICION DE UNA RED DE ACCESO HFC**

Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes principales:

- **Elementos de red:** dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.
- **Infraestructura HFC:** incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.
- **Terminal de usuario:** set-top-box, cablemodems y unidades para integrar el servicio telefónico.

En la siguiente figura se muestra un esquema típico de este tipo de redes:

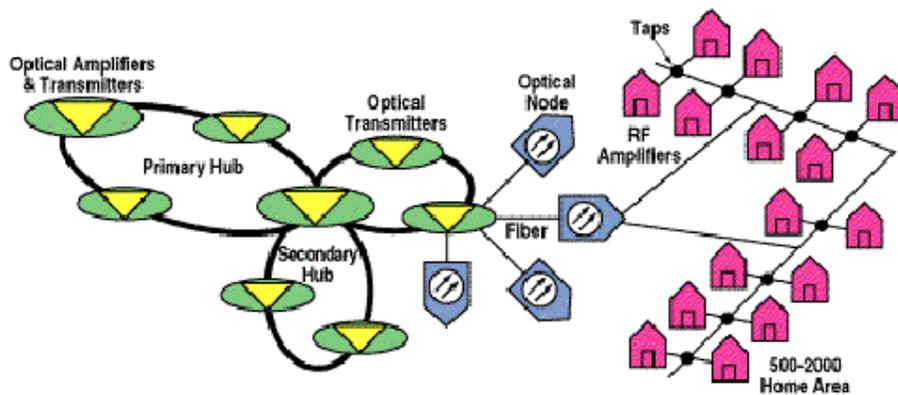


Figura 2.4 Esquema Típico de Redes

Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro en el que ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, entre las que se incluyen:

- Posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.
- Soporte de servicios conmutados y de difusión.
- Capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

### 2.2.3.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL CABLE MODEM

El cable modem (CM) es conectado al toma de la televisión por cable. El operador del cable, conecta un Cable Modem Termination System (CMTS) en su extremo, este

extremo es conocido como Head-End. El CMTS es un dispositivo central utilizado para efectuar la conexión entre la red de televisión por cable y la red de datos.

Un cable modem es un dispositivo del lado del cliente encargado de entregar los datos del usuario a la red de televisión por cable.

El Head End es el punto central de distribución para el sistema de televisión por cable donde normalmente se encuentra ubicado el CMTS. Videoseñales provenientes de diferentes fuentes pueden ser recibidas aquí, se efectúa la conversión de señales a los canales apropiados.

Esta conexión que utiliza la red de distribución de la televisión por cable para transmitir en el rango entre 3-50 Mbps. La distancia de la conexión podría alcanzar los 100 Kms. o más.

El cable coaxial usado para transportar señales de televisión puede albergar muchos canales. Se puede realizar una analogía entre un canal de tv ocupa una fracción del espacio eléctrico o ancho de banda del cable. En un sistema de TV por cable, cada canal se envía a través de una fracción del ancho de banda disponible del cable. Esta fracción ocupa 6 Mhz.

En algunos sistemas, el cable coaxial es el único medio usado para distribuir señales. Otros sistemas son híbridos como:

- Cable de fibra óptica se tiende desde la compañía de cable hasta las diferentes vecindades o áreas.
- La fibra es convertida en cable coaxial al momento de realizar la distribución a los hogares.

El sistema de cable modem ubica el haz "Downstream Data", datos enviados desde el Internet al computador del usuario, en un canal de 6 Mhz del cable.

En el cable, los datos lucen como cualquier otro canal de televisión. El "Upstream"<sup>12</sup>Data", datos enviados desde el usuario hacia el Internet, ocupa mucho menos espacio, 2 Mhz.

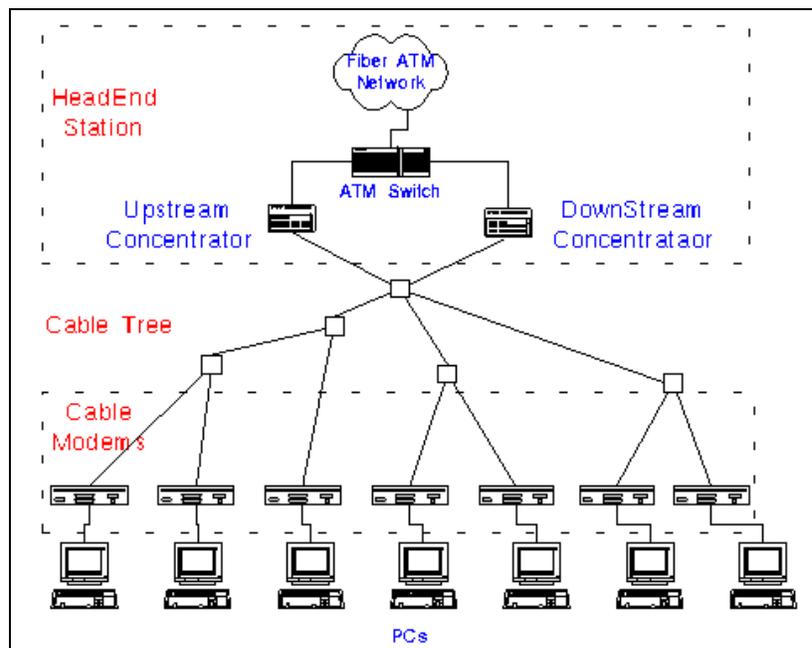


Figura 2.5 Esquema de Funcionamiento Cable Modem

Para colocar los datos de Upstream y Downstream en el sistema de televisión por cable se requieren dos tipos de equipos:

- Un Cable Modem en el extremo del usuario.
- Un Sistema de Terminación del Cable MODEM (Cable-Modem Termination System-CMTS) del lado del proveedor.

El **Downstream**<sup>13</sup> es el término usado para referenciar la señal recibida por el Cable Modem. La trama de datos del downstream se forma de acuerdo con la

---

<sup>12</sup> Flujo ascendente

especificación MPEG-TS, esta es una trama simple que está constituida por un bloque de datos de 188/204 bytes con un byte de sincronía al comienzo de cada bloque. El algoritmo de corrección de errores de Reed-Solomon reduce el tamaño del bloque de 204 a 188 bytes. La cabecera MPEG y el payload ocupan 187 bytes.

El **Upstream** es el término usado para referenciar la señal transmitida por el Cable Modem. El upstream es siempre en ráfagas, por esta razón, muchos modems pueden transmitir en la misma frecuencia, el rango de frecuencia es 5-65/5-42 Mhz, el ancho de banda por canal podría ser de 2 Mhz para un canal QPSK de 3 Mbps, las formas de modulación son QPSK (2 bits por símbolo) y 16-QAM (4 bits por símbolo).

Cada modem transmite ráfagas en ranuras de tiempo, que podrían ser reservadas, de contienda o de compensación (ranging), las ranuras marcadas como reservadas se asignan a un Cable Modem particular.

El CMTS asigna las ranuras de tiempo a varios Cable Modems a través de un algoritmo de asignación del ancho de banda propietario. Las ranuras marcadas como de contienda están abiertas para que todos los cable modems puedan transmitir.

Si dos cable modems intentan transmitir al mismo tiempo, los paquetes colisionan y los datos se pierden. Este tipo de ranuras de contención se utilizan para transmisiones de datos muy cortas, como consecuencia de la distancia física entre el CMTS y el Cable Modem, el tiempo de retraso podría estar en el rango de milisegundos.

Para compensar estas diferencias, los Cable Modems emplean un protocolo que permite compensar la variación del retraso. Para hacerlo, adelantan o retrasan el reloj, esta compensación también permite que las transmisiones de todos los Cable Modems lleguen al CMTS con el mismo nivel de potencia.

---

<sup>13</sup> *Flujo descendente*

### 2.2.3.3 WLL o WIRELESS LOCAL LOOP

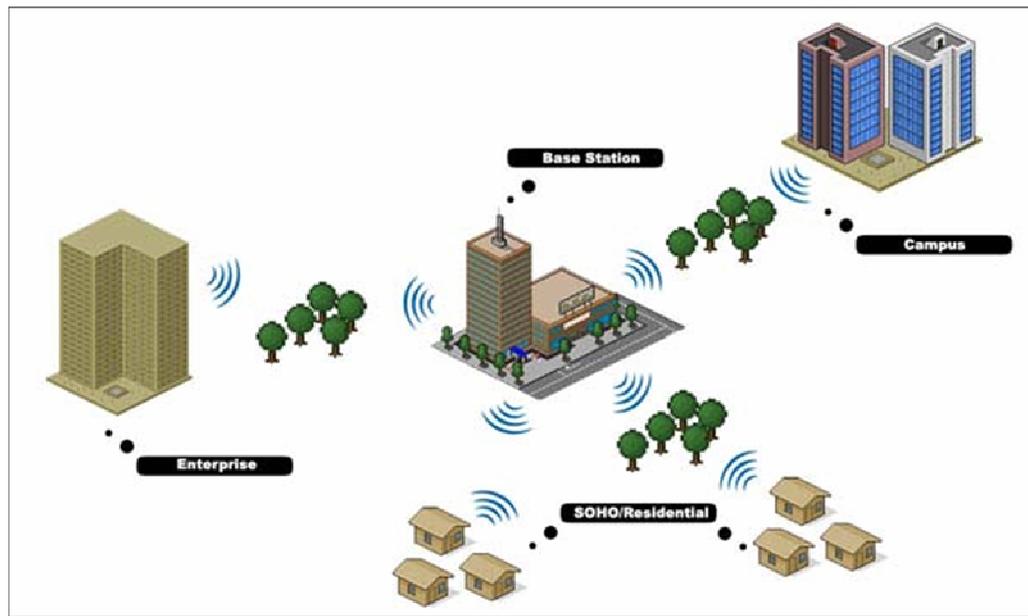


Figura 2.6 Esquema de una Red WLL

WLL o bucle local inalámbrico se trata de un medio que provee enlaces locales sin cables, mediante sistemas de radio omnidireccional de bajo poder, WLL permite a las operadoras una capacidad de transmisión mayor a un megabit por usuario y más de un gigabit de ancho de banda agregado por área de cobertura.

Estos sistemas están siendo implementados en las economías emergentes, donde aún no existe acceso a las redes públicas fijas. Los países en desarrollo tienen la mirada puesta en la tecnología WLL, como una manera eficiente de desplegar servicios a millones de suscriptores, evitando los costos de trazar rutas de cable físico.

También es altamente beneficioso para los operadores que entran en mercados competitivos, ya que dichas compañías pueden llegar a los usuarios sin tener que pasar por las redes de los operadores tradicionales.

En economías desarrolladas, los costos de despliegue y mantenimiento de la tecnología inalámbrica, son relativamente bajos. Esas ventajas hacen de WLL una solución de alta competencia.

#### **2.2.3.3.1 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO WLL**

La utilización de la radio como técnica de acceso en redes fijas de Telecomunicación no es una novedad, ya que estas aplicaciones vienen utilizándose desde hace bastante tiempo, si bien en entornos regulatorios y mercados muy diferentes al actual.

Desde los años 80's se disponía de sistemas de acceso analógicos de microondas Punto a Multipunto (PMP). Estos sistemas respondían a la necesidad de extender los servicios básicos de Telecomunicación a áreas geográficas de difícil cobertura por otros medios, como los de tipo cableado, que requieren una importante inversión en infraestructura y obra civil. No obstante, el despliegue de sistemas de acceso radio fue inicialmente bastante marginal, limitándose a satisfacer parte de los operadores establecidos en régimen de monopolio.

En los años 90, y especialmente en la segunda mitad de la década, una serie de factores han incidido notablemente en la evolución de las redes de acceso radio (WLL, Wireless Local Loop): por un lado, la aparición de nuevas tecnologías de radio digital, en gran parte motivadas por la explosión de las comunicaciones móviles, por otro, un gran esfuerzo de estandarización que ha permitido alcanzar las economías de escala suficientes para bajar drásticamente los precios de elementos

tecnológicamente muy complejos; finalmente, los movimientos desreguladores y liberalizadores han hecho surgir la competencia en el bucle local, competencia en la que las redes WLL pueden jugar un papel importante.

#### **2.2.3.3.2 GENERACIONES DE REDES WLL**

En lo referente a servicios, también se ha producido una evolución significativa en las capacidades ofrecidas por las redes de acceso radio. En este aspecto podemos distinguir tres generaciones de redes WLL

- **Primera generación:** redes orientadas fundamentalmente a proporcionar telefonía en zonas rurales.
- **Segunda generación:** marcada por la incorporación de servicios de datos (VBD-Voice Band Data) e ISDN (Integrated Services Digital Network).

Se consideran adecuadas para el entorno rural y suburbano con una densidad de población entre media y baja. Esta generación se encuentra actualmente en su fase de madurez técnica y corresponde a la mayoría de los sistemas en el mercado.

- **Tercera generación:** adecuada para proporcionar servicios derivados de Internet y comunicaciones de datos en modo paquete. Están orientadas a entornos urbanos tanto residenciales como de negocios. Esta es una generación emergente con un potencial de crecimiento importante a corto y medio plazo.

La principal característica de WLL es que proporciona un servicio alternativo a la telefonía alámbrica, para operar WLL, la infraestructura primero debe ser desplegada, es decir, las radio bases tienen que ser instaladas hasta alcanzar la

cobertura geográfica y la capacidad requeridas por la red. Sólo entonces, el servicio estará disponible para todos los suscriptores potenciales, dentro del rango de señales de las radio bases.

El servicio individual comenzará con la instalación de la unidad del usuario, la autorización y la activación.

### **2.2.3.3.3 INFRAESTRUCTURA DE WLL**

#### **2.2.3.3.3.1 Terminales**



El cliente recibe el servicio telefónico a través de terminales conectados por radio a una red de estaciones. Los terminales WLL pueden ser microteléfonos que permiten grados variables de movilidad. Pueden constar de teléfono integrado a un equipo para uso en el escritorio o pueden ser unidades solas o de varias líneas que se conectan con unos o más teléfonos estándares.

Los terminales se pueden montar dentro de una habitación o al aire libre, ellas pueden o no incluir baterías de respaldo para el uso durante interrupciones de la línea de potencia. Las diferencias en diseños de los terminales WLL reflejan el uso de diversas tecnologías de radio.

### 2.2.3.3.2 Las Radio Bases WLL

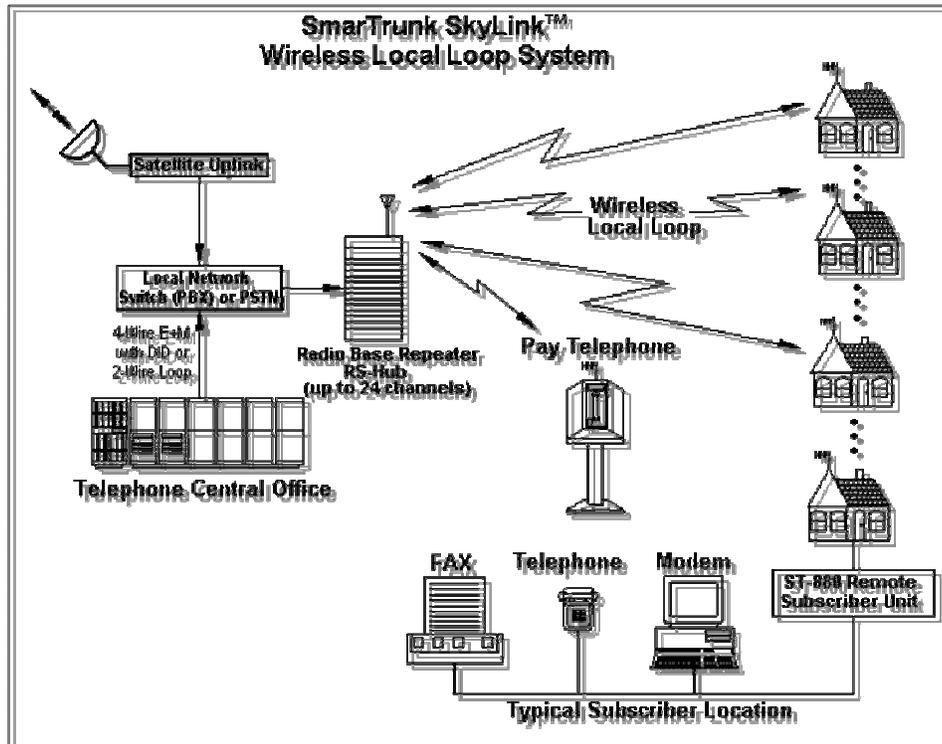


Figura 2.7 Esquema de las Radio Bases WLL

Las radios bases en un sistema WLL se despliegan para proveer la cobertura geográfica necesaria. Cada radio base se conecta a la red, bien por cable o por microondas. De esta manera, un sistema WLL se asemeja a un sistema de telefonía celular: cada radio base utiliza una célula o varios sectores de cobertura, manteniendo a los suscriptores dentro del área de cobertura y proporcionando conexión de retorno a la red principal. El área de cobertura es determinada por la potencia del transmisor, las frecuencias en las cuales la radio base y las radios terminales del suscriptor funcionan, las características locales asociadas de la propagación en función de la geografía local y del terreno, y los modelos de radiación de las antenas de la terminal de la estación base y del suscriptor.

En los sistemas WLL que no permiten movilidad del usuario, algunas reducciones en el costo pueden ser obtenidas, gracias a la optimización del diseño de la radio base, con el fin de atender a un suscriptor que se encuentra en una ubicación fija, ya conocida de antemano.

El número de radio bases depende de anticipar el tráfico para el cual se va a utilizar, la capacidad de sistema, la disponibilidad del sitio, el rango de cobertura que se va a proporcionar y las características de propagación local, además del ancho de banda a ser usado por la red WLL.

En general, cuanto mayor es el ancho de banda disponible, mayor es la capacidad para desplegar la red.

#### 2.2.3.4 PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS)

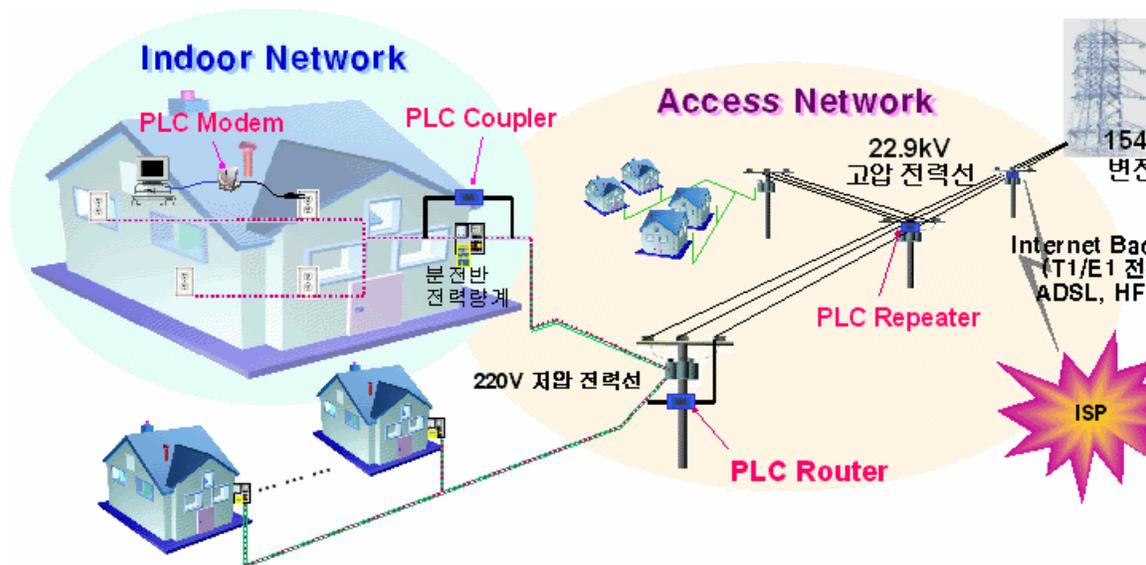


Figura 2.8 Red PLC

La idea de utilizar el cable eléctrico como medio de transmisión de datos no es nueva, aunque inicialmente su uso se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de datos de medida procedentes de las lecturas de los contadores.

Posteriormente las compañías eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión interna de datos, hasta llegar a una serie de pruebas realizadas durante los años 90 en distintos países europeos que no alcanzaron los resultados esperados.

Sin embargo, desde que los avances tecnológicos hacia el final de la pasada década permitieron alcanzar velocidades de transmisión del orden de los Mbit/s, se empezó a considerar la tecnología PLC como solución de acceso alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales.

A partir de entonces el mundo PLC centra su atención en el tramo de baja tensión de la red eléctrica (el equivalente a la "última milla" o bucle de abonado en las redes telefónicas) por un motivo claro: las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones, estimándose que tanto las inversiones como los gastos operativos en red de acceso suponen más del 80% de los totales asociados a la red. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio.

La línea eléctrica es un medio muy ruidoso, cambiante y utilizado habitualmente para transmitir energía. La señal PLC comparte la línea eléctrica, si bien utiliza un rango de frecuencias que normalmente no se emplea o tiene un uso muy restringido. Este rango espectral se encuentra comprendido entre los 1,6 y los 30 MHz, hallándose por tanto en la banda de HF (high frequency), también llamada onda corta.

Es interesante destacar que a día de hoy no hay estándares que seguir, aunque

sí un grupo de sistemas (incompatibles entre ellos) caracterizados por la modulación de señal empleada.

Esencialmente se utilizan tres tipos de modulación:

- **DSSSM** (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation), que se caracteriza porque puede operar con baja densidad espectral de potencia.
- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex), que utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.
- **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying), que optimiza el uso del ancho de banda.

De todos ellos, el sistema de modulación más extendido es OFDM, utilizado también en estándares IEEE para redes de área metropolitana inalámbricas, e incluido dentro de las especificaciones para la radiodifusión de televisión digital terrestre. Este sistema multiportadora es eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red eléctrica, ya que el rango espectral queda dividido en slots, cuyo ajuste permite que los equipos se adapten dinámicamente a las condiciones del medio, potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y anulando el uso de frecuencias donde el ruido es elevado. Además la flexibilidad de este sistema facilita la posibilidad de reajustar el margen espectral de trabajo de los equipos para no interferir en otros servicios.

La capacidad de transmisión del PLC también varía en función del fabricante,

<b>Tecnología</b>	<b>Throughput</b>
Ethernet	10 Mbit/s
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbit/s
Gigabit Ethernet	Hasta 1000 Mbit/s
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbit/s
IEEE 802.11g	Hasta 54 Mbit/s
PLC (1ª generación)	Hasta 45 Mbit/s
PLC (2ª generación)	Hasta 130 Mbit/s

**Tabla I:** *throughput* nominal máximo de distintas tecnologías

pero el máximo suele establecerse en los 45 Mbit/s (27 Mbit/s en el sentido red-usuario, y 18 Mbit/s en el sentido usuario-red). Sin embargo chipsets de segunda generación de desarrollo reciente han elevado el límite por encima de los 130 Mbit/s, lo que permite al PLC competir con ventaja con otros sistemas de comunicación de banda ancha.

Al ser la infraestructura eléctrica un medio ruidoso, no sólo hay que afrontar la atenuación de la señal, sino eventos tales como el arranque y parada de equipos, interruptores de distinto tipo, algunos con emisión de radiaciones atenuadas a los pocos metros, pero otros, como aquellos que ponen en marcha ascensores y aparatos de aire acondicionado, con señales emitidas de mucha mayor intensidad.

Todas estas interferencias deben superarse utilizando diversos mecanismos, siendo el primero de ellos el recurso a las ya mencionadas posibilidades de ajuste espectral que la capacidad multiportadora del PLC ofrece.

Por otra parte pueden utilizarse filtros que eliminen ruidos parásitos por toda la red y que aislen equipos problemáticos y protejan servicios que puedan ser interferidos. El precio a pagar por colocar estos filtros consiste en una disminución del ancho de banda disponible y por tanto de la velocidad alcanzable por el sistema.

### 2.2.3.4.1 INFRAESTRUCTURA PLC

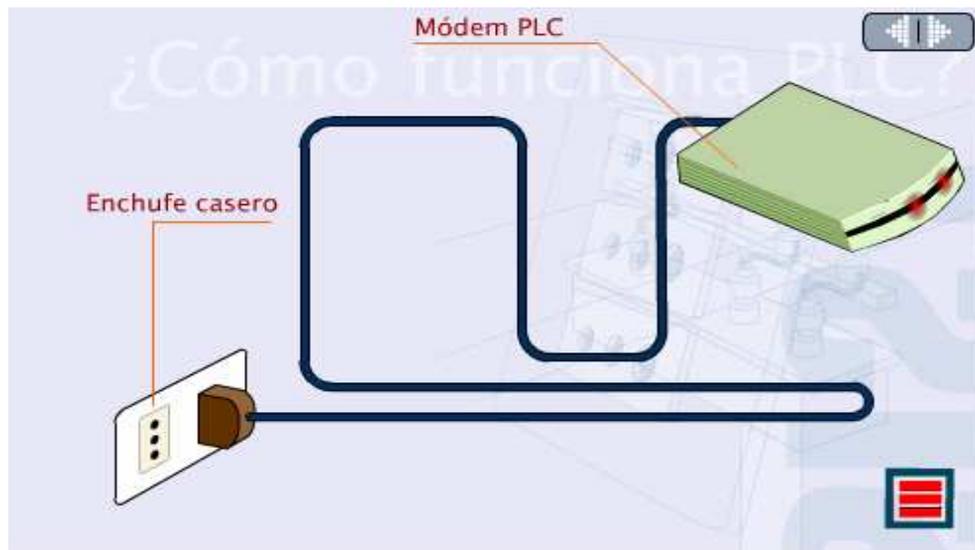


Figura 2.9 Esquema como Funciona PLC

El componente principal en la topología de una red PLC es el HE (Head End), que se suele denominar también TPE (Transformer Premises Equipment) o MODEM de cabecera. Este equipo actúa como maestro y autentica, coordina la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red PLC de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica. Además permite conectar al sistema con la red externa (WAN, Internet, etc.) por lo que es el interfaz adecuado entre la red de datos y la red eléctrica. La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma ventajosa y permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red.

El CPE (Customer Premises Equipment), también conocido como adaptador o MODEM de usuario permite conectar un equipo a la red de datos

establecida gracias al HE. Su misión es convertir cada toma eléctrica en un punto de red al cual poder conectar un equipo informático.

Tanto el HE como el CPE poseen una serie de elementos encargados de filtrar y separar la corriente alterna eléctrica (50ñ60 Hz de frecuencia) de las señales de alta frecuencia, que son las que soportan los servicios de VIDEO, datos, voz, etc.

En función de la solución PLC empleada, así como de la calidad y nivel de ruido de la instalación eléctrica de baja tensión, la distancia entre equipos oscila entre los 150 metros y los 400 metros sin necesidad de dispositivos intermedios regeneradores. Para los casos en los que el tendido eléctrico supera esas distancias se utilizan repetidores (IR, Intermediate Repeater), extendiendo así el alcance de la red. Estos dispositivos regeneran la señal, altamente degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace PLC. Por tanto, el repetidor aumenta la cobertura del servicio ofrecido y consigue unos elevados valores de throughput en lugares alejados del HE.

## 2.3 REDES DE DISTRIBUCION

### 2.3.1 METRO ETHERNET

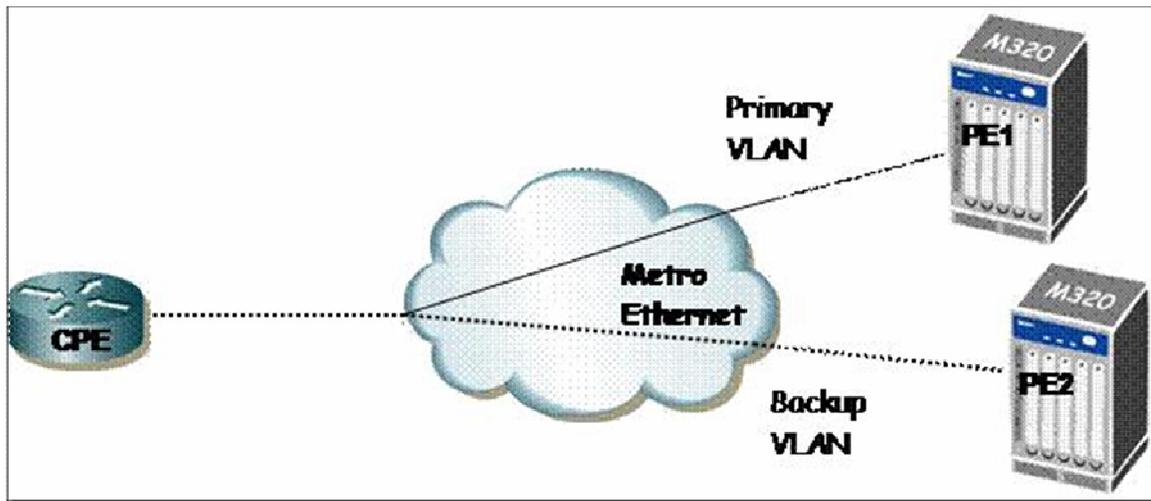


Figura 2.10 Red Metro Ethernet

Metro Ethernet es una alternativa escalable a métodos de acceso de banda ancha tradicionales que permite a las empresas extender Ethernet a la red de área metropolitana (MAN) y más allá, y desplegar servicios locales a través de un área amplia. Metro Ethernet le otorga a las empresas acceso de alta velocidad a Internet y a otras ubicaciones empresariales conectando a todos los sitios, usuarios, y aplicaciones en una única red integrada de alto desempeño, eliminando el cuello de botella de acceso y las limitantes tradicionales de distancia. Metro Ethernet ofrece una arquitectura altamente escalable y en algunos casos, el aprovisionamiento basado en software, lo cual le permite a las empresas aumentar o disminuir el ancho de banda y administrar los costos pagando únicamente por el ancho de banda que requieran.

Ya que está basada sobre protocolos de interfaces Ethernet estándar, Metro Ethernet es compatible con IP y se integra fácilmente con aplicaciones y dispositivos de red empresariales. Además, proporciona una base escalable para aplicaciones avanzadas que no son sencillas de desplegar sobre redes TDM o Frame Relay.

Actualmente, Metro Ethernet es un servicio ofrecido por los proveedores de telecomunicaciones para interconectar LANs ubicadas a grandes distancias dentro de una misma ciudad; es decir, realizando un transporte WAN.

La Red Metro Ethernet, es una nueva arquitectura tecnológica, la cual beneficia con soluciones de multiservicios de alta velocidad con calidad y flexibilidad, lo que ayudará sin duda a resolver los problemas de tráfico a grandes distancias por medio de un proveedor de servicios además, de contar con más opciones de servicios de valor agregado para enfrentar la competencia en sus negocios.

Metro Ethernet, cuenta con una serie de ventajas para los clientes empresariales, tales como la flexibilidad, simplicidad, confiabilidad y velocidad, permitiendo extender los negocios de los clientes de Redes LAN a Redes MAN y WAN.

Ethernet no fue diseñada pensando en la calidad de los servicios. La solución más extendida ha sido la fuerza bruta, es decir, sobredimensionar el sistema para que no se congestione. Aquí es donde entra MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), el cual es una tecnología de conmutación de paquetes que se encuentra entre los niveles 2 y 3 del modelo OSI, lo que posibilita mejorar la funcionalidad de capa 2 en Ethernet sin sacrificar sus prestaciones. Por este motivo, MPLS es estratégicamente importante debido a que ofrece una clasificación y conducción rápida de paquetes y que dispone de un mecanismo de túnel eficiente, EoMPLS (*Ethernet over MPLS*) ofrece servicios de determinación de rutas en grandes redes, proporciona calidad de los servicios, establece grupos de usuarios privados, ancho de banda reservado, mecanismos de seguridad e ingeniería de tráfico.

Estas redes se basan en sistemas multiservicios, es decir que soportan una amplia gama de servicios, **aplicaciones y mecanismos donde se incluye tiempo real, streaming**, flujo de datos continuo como por ejemplo audio y video.

De acuerdo a la Normativa de Forum 9 de la UIT, se indica las siguientes modalidades:

- **Líneas privadas virtuales Ethernet (EVPLS):** El servicio de LAN privada virtual, es un tipo de red privada virtual basada en MPLS. Pueden ofrecerse al mercado como punto a punto o multipunto.
- **Líneas privadas Ethernet (EPL):** Es un servicio punto a punto.
- **Servicio de LAN Ethernet (ELAN):** Es un servicio multipunto a multipunto.

Dentro de las ventajas de Metro Ethernet tenemos:

- **Bajo coste:** Los costes para implantar la infraestructura (cable, conectores, tarjetas, equipos de interconexión, etc.) son mucho menores. Además, los costes de configuración y mantenimiento de una red Ethernet también son menores que los de una red Frame Relay o ATM; Ethernet sólo requiere conectar los equipos, sin más configuración.
- **Configuración rápida bajo demanda:** Una red sobre SDH no es fácilmente ampliable. Sin embargo, Ethernet sí permite esta flexibilidad. Además, Ethernet ofrece una gran variedad de velocidades de transmisión, (desde 10 Mbps hasta 10 Gbps), en incrementos de 1 Mbps o incluso menos.
- **Fácil de interconectar con otras redes:** Debido a que el 98% de las LAN están implementadas sobre Ethernet, no es necesaria una conversión de protocolos

entre LAN y MAN. Esto facilita enormemente la integración de redes LAN en la red MAN.

- Tecnología mucho más fácil de aprender que ATM o Frame Relay

#### **Inconvenientes de metro ethernet:**

- La distancia: Era una gran limitación puesto que las redes Ethernet sobre cobre sólo podían cubrir una extensión de 100 m antes de que el retardo de propagación causara una degradación seria en la comunicación.
- La fiabilidad y la redundancia: Las redes Ethernet no eran consideradas tan fiables como las redes TDM. De hecho, los mecanismos de redundancia y recuperación ante fallos de Ethernet, como *Spanning Tree*, eran sumamente lentos e ineficientes.
- La capacidad de crecimiento: Hechos como el continuo broadcast necesario o la necesidad de aprendizaje de direcciones físicas (MAC) de todos los usuarios en todos los nodos de la red, ponían en entredicho la capacidad de crecimiento de la tecnología.
- La seguridad: Ethernet se consideraba una tecnología de medio compartido en el que los usuarios fácilmente podían acceder al tráfico de otros.

#### **2.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL ANCHO DE BANDA**

Para Metro Ethernet se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **CIR (Committed Information Rate):** es la cantidad promedio de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, pérdidas, etc.
- **CBS (Committed Burst Size):** es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo.
- **EIR (Excess Information Rate):** especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas.
- **EBS (Excess Burst Size):** es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado.

### 2.3.1.2 SERVICIOS ETHERNET

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet, está compuesto por una Red switchada (Metro Ethernet Network -MEN-), ofrecida por el proveedor de servicios; los usuarios acceden a la red mediante CEs (Customer Equipment) que se conectan a través de UNIs (User Network Interface) a velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps.

Es posible tener múltiples UNIs conectadas al MEN de una simple localización. Los servicios pueden soportar una variedad de tecnologías y protocolos de transporte en el MEN tales como SONET, DWDM, MPLS, GFP, etc.

El MEF (Metro Ethernet Forum) ha definido dos grupos o tipos de servicios Ethernet: **E-Line** (servicios punto a punto) y **E-LAN** (servicios multipunto a multipunto).

- **SERVICIOS E-LINE:** El servicio E-Line proporciona un EVC punto a punto entre dos interfaces UNI. Se utiliza para proporcionar una conexión Ethernet punto a punto. Dentro del tipo de servicio E-Line se incluye una amplia gama de servicios. El más sencillo consistente en un ancho de banda simétrico para

transmisión de datos en ambas direcciones y no fiable; es decir, servicio “*best effort*” entre dos interfaces UNI a 10 Mbps. Un servicio más sofisticado considerado dentro del tipo de servicio E-Line sería, por ejemplo, una línea E-Line, que ofrezca una CIR concreta junto con una CBS, y una EIR junto con una EBS, y un retardo, variación del retardo y BER máximos asegurados entre dos interfaces UNI. Al igual que con los PVCs de Frame Relay o ATM, se pueden multiplexar varios EVC punto a punto en un mismo puerto físico (UNI). E-Line se puede utilizar para crear los mismos servicios que puede ofrecer una red Frame Relay (a través de PVCs) o una línea alquilada punto a punto. Pero, como valor añadido, el rango de ancho de banda que puede proporcionar Ethernet es mucho mayor.

- **SERVICIOS E-LAN:** El tipo de servicio E-LAN proporciona conectividad multipunto a multipunto. Conectará dos o más interfaces UNI. Los datos enviados desde un UNI llegarán a 1 ó más UNI destino. Cada uno de ellos está conectado a un EVC multipunto. A medida que va creciendo la red y se van añadiendo más interfaces UNI, éstos se conectarán al mismo EVC multipunto, simplificando enormemente la configuración de la misma. Desde el punto de vista del usuario, la E-LAN se comporta como una LAN. Al igual que E-Line, el tipo de servicio E-LAN abarca una enorme gama de servicios.

## 2.4. REDES DE NUCLEO

### 2.4.1 MPLS (Multi-Protocol Label Switching)

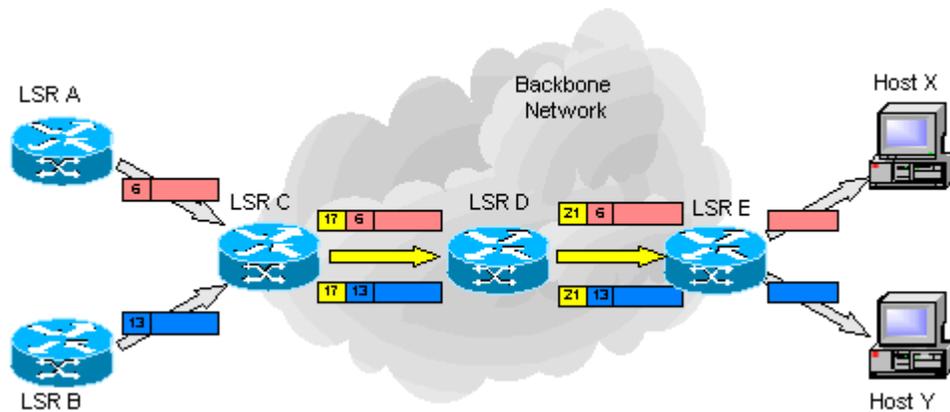


Figura 2.11 Esquema de cómo se envían los datos en una Red MPLS

MPLS es la solución estándar para el transporte de información en las redes, ya que es muy aceptada por toda la comunidad de Internet, la cual utiliza Routing de paquetes con garantías en la entrega y envío de información. Los avances en el hardware y las grandes ideas de visión al momento de manejar las redes, están haciendo que las tecnologías de Conmutación tengan un auge muy importante con la tecnología ATM; la cual brinda calidad de servicio, velocidad y facilitando la administración de los recursos de la red.

MPLS es un estándar del IETF que surgió para consensuar diferentes soluciones de conmutación multinivel, propuestas por diferentes fabricantes a mitad de los 90. MPLS Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes

tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. Según el énfasis o interés que se ponga a la hora de explicar sus características y utilidad, se puede presentar como:

- Un sustituto de la arquitectura IP sobre ATM
- Como un protocolo para hacer túneles.
- Como la técnica para acelerar el encaminamiento de los paquetes.

MPLS integra las características claves de las capas de transporte y de red del modelo OSI, combinando eficazmente las funciones de control del routing con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2, además no está limitado a ningún protocolo de la capa 2 o 3. En el enrutamiento tradicional, un paquete se direcciona salto a salto; es decir, cada vez que ese paquete llega a un enrutador tiene que revisar rutas basadas en la dirección de destino de la capa 3 incluida en el encabezado del IP (Internet Protocol). Esto es necesario cada vez para determinar el siguiente salto en su trayecto hasta llegar a su destino final.

En MPLS, la decisión de asignar un determinado paquete a un FEC en particular se hace una sola vez, cuando el paquete entra a la red en un LER. La FEC a la que un paquete es asignado es codificada en una etiqueta de un tamaño determinado. Cuando el paquete es enviado a su siguiente salto, la etiqueta es enviada con el paquete, es decir, los paquetes son etiquetados antes de ser enviados.

En los saltos subsecuentes no hay necesidad de hacer análisis del encabezado del paquete de la capa de red. Más bien, la etiqueta es usada con un índice en una tabla la cual especifica el siguiente salto y una nueva etiqueta. Así la etiqueta es remplazada con una nueva etiqueta la cual es agregada al paquete y luego ambos son enviados al siguiente salto. Esto lo hacen los enrutadores o conmutadores denominados LSRs. Así, una vez que un paquete es asignado a una FEC, ningún enrutador subsiguiente necesita volver a hacer el análisis.

MPLS está destinada a solucionar los problemas que presentan las soluciones actuales de IP sobre ATM, tales como la expansión sobre una topología virtual superpuesta, así como la complejidad de gestión de dos redes separadas y tecnológicamente diferentes. Pero ante todo esto, debemos considerar MPLS como un avance más reciente en la evolución de las tecnologías de enrutamiento y forwarding en redes IP, lo que implica una nueva manera de pensar a la hora de construir y gestionar estas redes.

#### **2.4.1.1 PRINCIPALES APLICACIONES DE MPLS**

- Funciones de ingeniería de tráfico (a los flujos de cada usuario se les asocia una etiqueta diferente).
- Policy Routing.
- Servicios de VPN.
- Servicios que requieren QoS (Calidad de servicio).
- MPLS se basa en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de prioridad y/o calidad (QoS).
- La idea de MPLS es realizar la conmutación de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes según la clasificación establecida por la QoS en la SLA.
- Por tanto MPLS es una tecnología que permite ofrecer QoS, independientemente de la red sobre la que se implemente.
- El etiquetado en capa 2 permite ofrecer servicio multiprotocolo y ser portable sobre multitud de tecnologías de capa de enlace: ATM, Frame Relay, líneas dedicadas, LANs.

### **2.4.1.2 CARACTERÍSTICAS**

- La tecnología IP ofrece un servicio no orientado a conexión mediante el transporte de datagramas:
  - No mantiene un "estado" de la comunicación entre dos nodos.
  - No ofrece circuitos virtuales.
- Introduce una serie de mejoras respecto a IP
  - Redes privadas virtuales.
  - Ingeniería de tráfico.
  - Mecanismos de protección frente a fallos.

### **2.4.1.3 FUNCIONAMIENTO**

Estos paquetes MPLS son enviados después de una búsqueda por etiquetas en vez de una búsqueda dentro de una tabla IP. De esta manera, cuando MPLS fue concebido, la búsqueda de etiquetas y el envío por etiquetas eran más rápido que una búsqueda RIB (Base de información de Ruteo), porque las búsquedas eran realizadas en el switch de fabrica y no en la Cpu.

Los puntos de entrada en la red MPLS son llamados Ruteadores de Etiqueta en Orilla (LER), es decir ruteadores que son interfaces entre la red MPLS y otras redes. Los ruteadores que efectúan la conmutación basados únicamente en etiquetas se llaman Ruteadores Conmutadores de Etiqueta (LSR). Cabe notar que un LER es simplemente un LSR que cuenta con la habilidad de rutear paquetes en redes externas a MPLS.

En algunas aplicaciones es posible que el paquete presentado al LER ya contenga una etiqueta MPLS, en cuyo caso simplemente se anexará otra etiqueta encima.

Las etiquetas son distribuidas usando el Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP). Es precisamente mediante el protocolo LDP que los ruteadores de etiquetas intercambian información acerca de la posibilidad de alcanzar otros ruteadores, y las etiquetas que son necesarias para ello.

El operador de una red MPLS puede establecer Caminos Conmutados mediante Etiquetas (LSP), es decir, el operador establece caminos para transportar Redes Privadas Virtuales de tipo IP (IP VPN), pero estos caminos pueden tener otros usos. En muchos aspectos las redes MPLS se parecen a las redes ATM y FR, con la diferencia de que la red MPLS es independiente del transporte en capa 2 (en el modelo OSI).

En el contexto de las Redes Privadas Virtuales, los ruteadores que funcionan como ingreso o egreso a la red son frecuentemente llamados ruteadores a la Orilla del Proveedor (ruteadores PE), los dispositivos que sirven solo de tránsito son llamados similarmente ruteadores de Proveedor (ruteadores P).

Cuando un paquete no etiquetado entra a un ruteador de ingreso y necesita utilizar un tunel MPLS, el ruteador primero determinará la Clase Equivalente de Envío (FEC), luego inserta una o más etiquetas en el encabezado MPLS recién creado. Acto seguido el paquete salta al ruteador siguiente según lo indica el túnel.

Cuando un paquete etiquetado es recibido por un ruteador MPLS, la etiqueta que se encuentra en el tope de la pila será examinada. Basado en el contenido de la etiqueta, el ruteador efectuará una operación empujar (PUSH), sacar (POP) o intercambiar (SWAP).

En una operación SWAP la etiqueta es cambiada por otra y el paquete es enviado en el camino asociado a esta nueva etiqueta.

En una operación PUSH una nueva etiqueta es empujada encima de otra (si existe). Si en efecto había otra etiqueta antes de efectuar esta operación, la nueva etiqueta "encapsula" la anterior.

En una operación POP la etiqueta es removida del paquete lo cual puede revelar una etiqueta interior (si existe). A este proceso se lo llama "desencapsulado" y es usualmente efectuada por el ruteador de egreso con la excepción de PHP.

Durante estas operaciones el contenido del paquete por debajo de la etiqueta MPLS no es examinado, de hecho los ruteadores de tránsito usualmente no necesitan examinar ninguna información por debajo de la mencionada etiqueta. El paquete es enviado basándose en el contenido de su etiqueta, lo cual permite "ruteo independiente del protocolo".

En el ruteador de egreso donde la última etiqueta es removida, solo queda la "carga transportada", que puede ser un paquete IP o cualquier otro protocolo. Por tanto, el ruteador de egreso debe forzosamente tener información de ruteo para dicho paquete debido a que la información para el envío de la carga no se encuentra en la tabla de etiquetas MPLS.

En ciertos casos, es posible que la última etiqueta sea removida en el penúltimo salto (anterior al último ruteador que pertenece a la red MPLS); este procedimiento es llamado "remoción en el penúltimo salto". Esto es útil, por ejemplo, cuando la red MPLS transporta mucho tráfico. En estas condiciones los penúltimos nodos auxiliarán al último en el procesamiento de la última etiqueta de manera que este no se vea excesivamente forzado al cumplir con sus tareas de procesamiento.

En MPLS el camino que se sigue está prefijado desde el origen (se conocen todos los saltos de antemano): se pueden utilizar etiquetas para identificar cada comunicación y en cada salto se puede cambiar de etiqueta (mismo principio de funcionamiento que VPI/VCI en ATM, o que DLCI en Frame Relay).

3 Paquetes destinados a diferentes IPs pueden usar el mismo camino LSP (pertenecer al mismo FEC). Las etiquetas con el mismo destino y tratamiento se agrupan en una misma etiqueta: los nodos mantienen mucha menos información de estado que por ejemplo ATM. Las etiquetas se pueden apilar, de modo que se puede encaminar de manera jerárquica.

#### **2.4.1.4 ENVIO (FORWARDING), RUTEO (ROUTING) Y CONMUTACION (SWITCHING)**

Para tener una idea más concreta de la arquitectura MPLS, se deben tener claros algunos conceptos claves usados por las tecnologías que le precedieron. Entre estos conceptos se destacan:

- **Envío (Forwarding):** Esta técnica permite a una red enviar sus datos a otra red por medio de conexiones. Se considera un proceso de capa 3 para el control y envío de paquetes. Está muy relacionado con el concepto de tunneling, el cual consiste en encapsular un protocolo de red dentro de paquetes que son acarreados por otra red.

- **Ruteo (Routing):** Describe las acciones realizadas por los enrutadores para mover los paquetes a través de la red con base en la información proporcionada por los protocolos de enrutamiento. La función de ruteo está formada por dos

actividades básicas: la determinación de la trayectoria optima de ruteo y el transporte de grupos de información (Paquetes) a través de una red. Los protocolos de ruteo permiten a cada máquina entender cuál es el siguiente salto que el paquete debe seguir hacia su destino, como son: OSPF, RIP, BGP, EGP, IGRP. Estos protocolos son usados por los enrutadores para construir las tablas de ruteo que emplean para tomar una decisión de envío; analizan la tabla para obtener la dirección IP destino contenido en el encabezado del paquete y así identificar el siguiente salto. Las funciones básicas que cumple un enrutador son las siguientes: Desencapsulado capa 2, Encaminamiento, ICMP, Clasificación de paquetes (colas, permisos, otros), Conmutación capa 3, Control capa 2 (checksum) y Encapsulado capa 2. Estas funciones las encontramos en dos planos: Plano de Control y Plano de Datos (Reenvío).

- **Conmutación (Switching):** Método usado para la transferencia de datos de un puerto de entrada hacia uno de salida en una maquina, en la cual la selección del puerto de salida se basa en información de tipo Capa 2 (Por ejemplo: Virtual Circuit Identifiers VCI en ATM o Data Link Connection Identifier DLCI en Frame Relay).

#### **2.4.1.5 LSR (Label Switching Router) Y LER (Label Edge Router)**

Son los dos tipos principales de nodos que componen una red MPLS. Estos dispositivos participan en los mecanismos del protocolo MPLS y se conocen también como enrutadores de etiqueta de borde (LER) y enrutadores de conmutación de etiquetas (LSR). Los dos son físicamente el mismo dispositivo, un router o un switch de red troncal que incorpora el software MPLS, siendo el administrador el que lo configura para cualquiera de los modos de trabajo. Los componentes dentro de un Dominio MPLS, que se define como el conjunto total de nodos con funcionalidad MPLS y que pertenecen a un mismo dominio de encaminamiento IP.

Un LSR es un enrutador de alta velocidad, que dentro del núcleo de una red MPLS cumple las siguientes funciones: participar en el establecimiento de las LSPs usando el protocolo de señalización apropiado y conmutar rápidamente el tráfico de datos entre los caminos establecidos. También se conoce como enrutador del interior del Dominio MPLS.

### 2.4.1.6 Arquitectura de un LSR y un LER

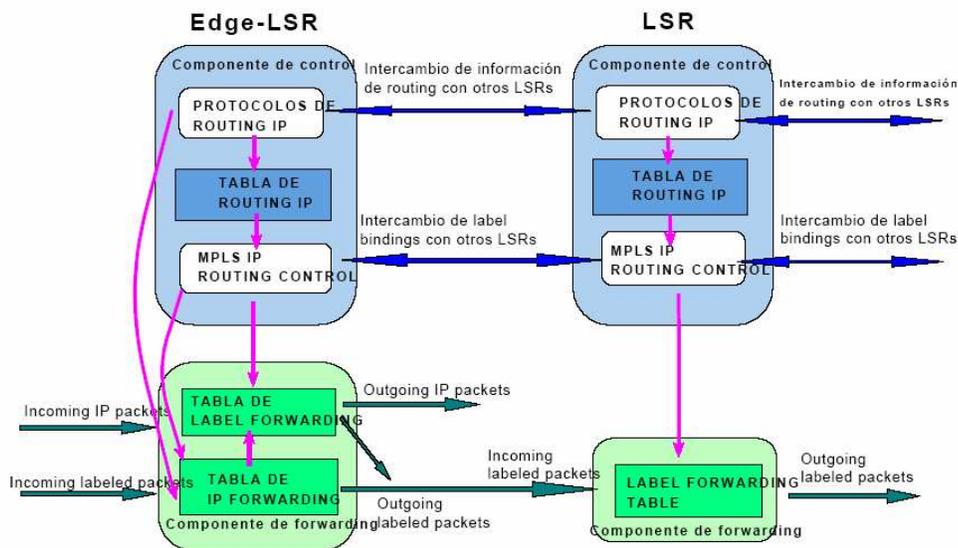


Figura 2.12 Arquitectura de un LSR y un LER

### 2.4.1.7 NÚCLEO MPLS

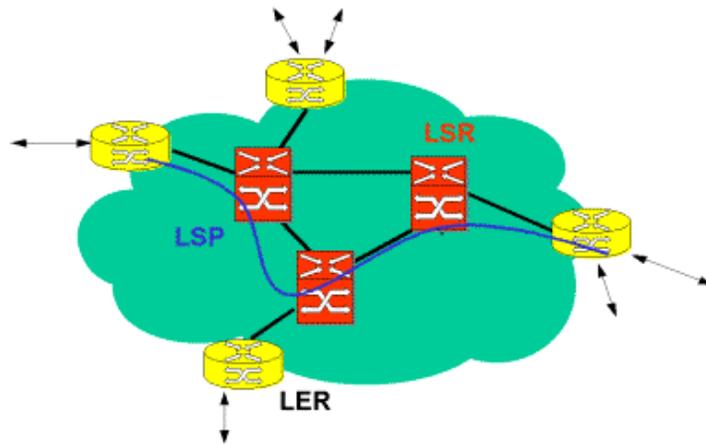


Figura 2.13 Esquema del Núcleo MPLS

Para que los LSPs se puedan usar, cada LSR debe contener en sus tablas de envío la siguiente información: Interfaz de entrada, etiqueta asociada e Interfaz de salida, etiqueta asociada. A este proceso se le conoce como distribución de etiquetas. Un LER es un enrutador en la frontera de una red de acceso hacia una red MPLS. Soporta múltiples puertos conectados a diferentes redes como Frame Relay, ATM y Ethernet. Tiene dos funciones principales: En el ingreso, establece un LSP para el tráfico en uso y lo envía hacia la red MPLS usando el protocolo de señalización de etiquetas y en la salida, distribuye nuevamente el tráfico hacia la red de acceso que corresponda. Es por esto que juega un papel importante en la asignación y remoción de etiquetas aplicada al tráfico que entra y sale de una red MPLS.

## 2.4.1.9 COMPONENTES DE UNA RED MPLS

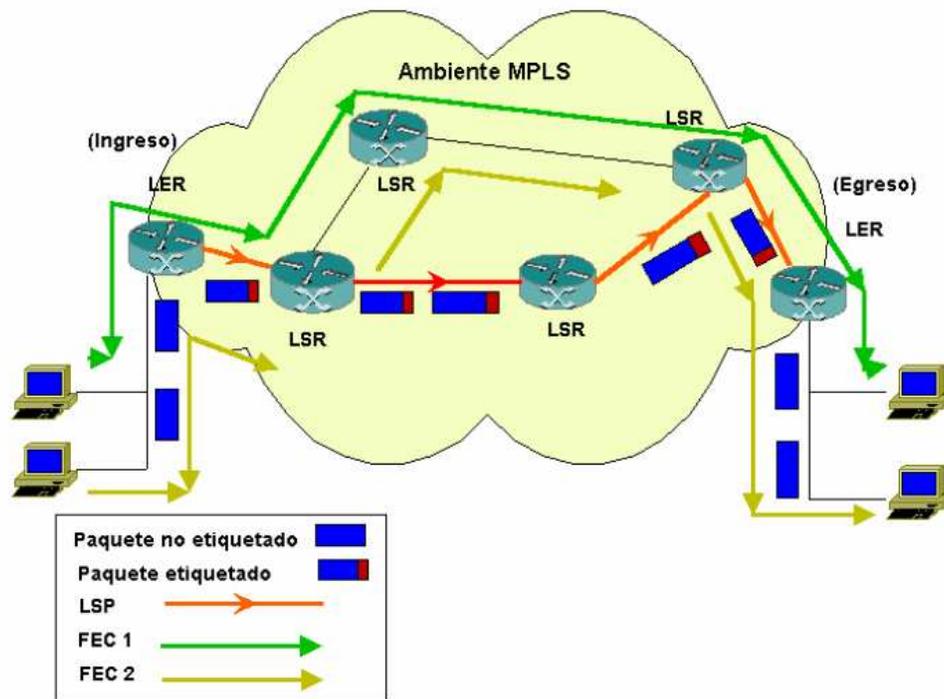


Figura 2.14 Componentes de una Red MPLS

### 2.4.1.8.1 LSP (Label Switching Path)

Una LSP define las trayectorias de ingreso y egreso a través de uno o más LSRs en un nivel de jerarquía que siguen todos los paquetes asignados a un FEC específico. Funcionalmente es equivalente a un circuito virtual. Esta ruta puede establecerse usando protocolos de enrutamiento o manualmente.

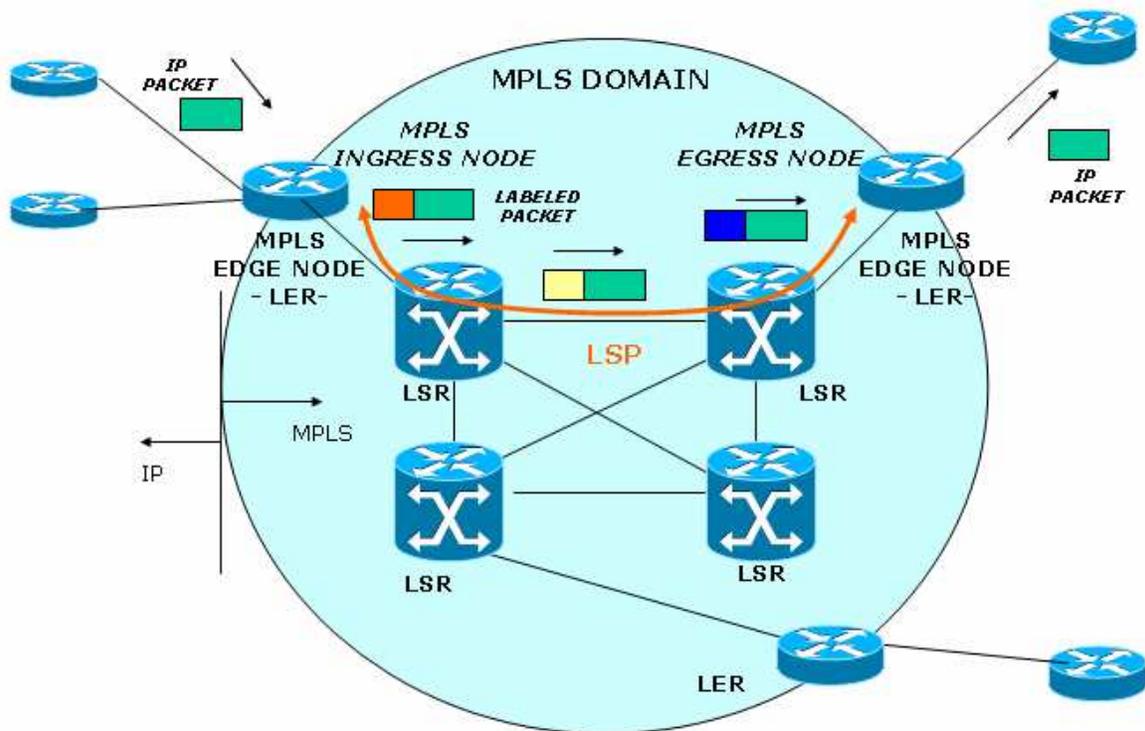


Figura 2.15 Funcionamiento LSP

Pueden ser diseñadas para minimizar el número de saltos, tener ciertos anchos de banda, soportar requerimientos precisos de ejecución, desviar la transferencia de datos de puntos potenciales de congestión, alejar el tráfico de la trayectoria o simplemente para forzar el tráfico sobre ciertos enlaces o nodos de la red.

#### 2.4.1.8.1.1 TIPOS DE LSP

MPLS provee dos opciones para establecer una LSP:

- **Ruteo Hop by Hop (Salto a salto).** Cada LSR selecciona independientemente el siguiente salto para una FEC dada. Este método es

similar al usado en redes IP. El LSR usa cualquiera de los protocolos de ruteo disponibles, como OSPF.

- **Ruteo Explicito.** El LER de ingreso especifica la lista de nodos por la cual viaja la trayectoria explicita. La ruta explicita puede contener solamente la especificación de una parte del camino dentro del dominio MPLS. Si se define desde la entrada hasta la salida del dominio no se necesita ningún algoritmo de enrutamiento, y si solo incluye una parte del camino, el resto se obtiene con ayuda de los algoritmos de enrutamiento. Sin embargo, la ruta especificada puede ser no óptima.

A lo largo de la trayectoria, los recursos deben ser reservados para asegurar una calidad de servicios para el tráfico de datos. Facilita la ingeniería de tráfico.

#### 2.4.1.8.2 Tipos de Trayectos con Conmutación de Etiquetas

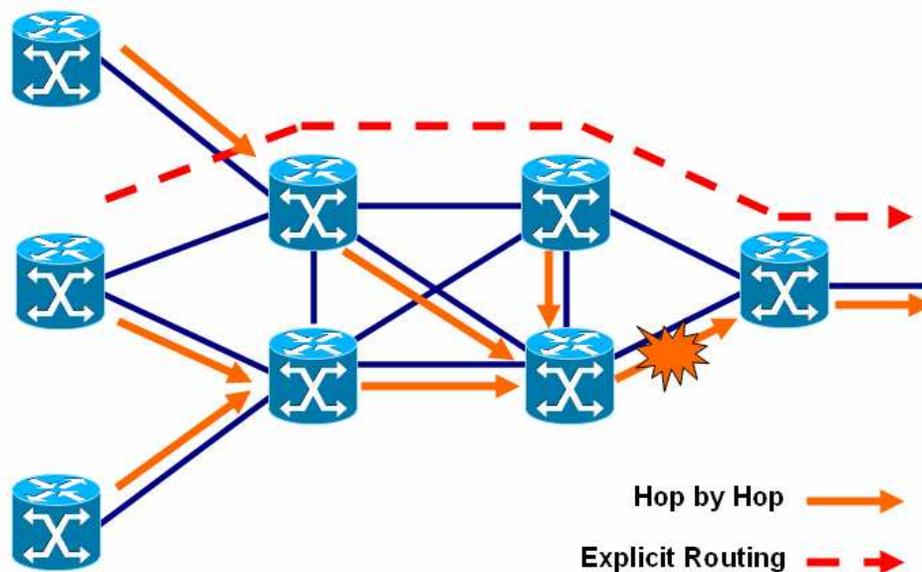


Figura 2.16 Tipos de Trayectos con Conmutación de Etiquetas

### 2.4.1.8.3 LABEL O ETIQUETAS

Es un identificador corto, de longitud fija y con significado local en cada interfaz empleada para identificar un FEC y el trayecto que el paquete debe cruzar. Se dice que tiene un significado local porque la misma etiqueta puede señalar diferentes caminos o FECs en diferentes enrutadores. Es encapsulada dentro de un encabezado de capa 2 junto con el paquete.

#### 2.4.1.8.3.1 Encapsulado de la Etiqueta MPLS Genérica

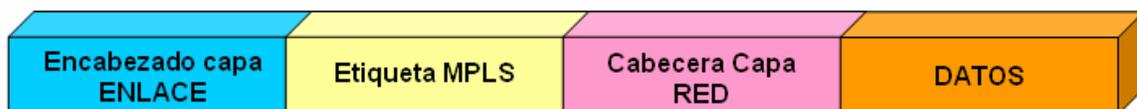


Figura 2.17 Encapsulado de la Etiqueta MPLS Genérica

La etiqueta que se coloca en un paquete particular representa la FEC a la cual el paquete es asignado completa o parcialmente basado en la dirección de capa de red de destino. No obstante, la etiqueta no es una codificación de la dirección.

#### 2.4.1.8.3.2 Etiqueta MPLS Genérica

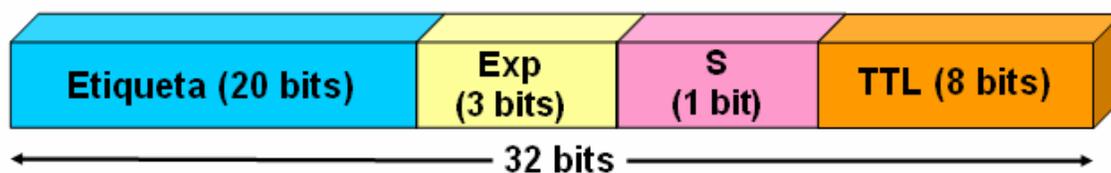


Figura 2.18 Etiqueta MPLS Genérica

El encabezado está formado por 32 bits dividido en los siguientes campos:

- **Label (20 bits):** Es el valor actual, con sentido únicamente local, de la etiqueta MPLS. Esta etiqueta es la que determinará el próximo salto del paquete.

- **Exp (3 bits):** Este campo antes se llamada CoS (Clase de Servicio). En él se indica la QoS del paquete y es posible diferenciar distintos tipos de tráfico y mejorar el rendimiento de un tipo de tráfico respecto a otros.

- **Stack (1 bit):** Mediante este bit se soporta una pila de etiquetas jerárquicas, es decir, indica si existen más etiquetas MPLS. Este bit esta en uno cuando es la última entrada de la pila y cero en cualquier otro caso. Las cabeceras MPLS se comportan como si estuviera apilada una sobre otra, de modo que el nodo MPLS tratará siempre la que esté más alto en la pila. La posibilidad de encapsular una cabecera MPLS en otras, tiene sentido, por ejemplo, cuando se tiene una red MPLS que tiene que atravesar otra red MPLS perteneciente a un ISP u organismo administrativo externo distinto; de modo que al terminar de atravesar esa red, se continúe trabajando con MPLS como si no existiera dicha red externa.

- **TTL (8 bits):** Este campo es copiado directamente de la cabecera IP y proporciona la funcionalidad de tiempo de vida del paquete o TTL (Time To Live) típica de IP; la cual permite mitigar el efecto de posibles bucles en la red decrementando el valor inicial en una unidad por cada salto o nodo por el que pase el paquete.

Algunas operaciones que se realizan con una etiqueta son:

- ◆ **Label Swap:** Operación de cambio del valor de la etiqueta en cada nodo.

- ◆ **Label Merging:** Cambio de varias etiquetas por una única, que identifican al mismo FEC.

#### **2.4.1.8.4 UNIONES A ETIQUETAS**

Las etiquetas son enlazadas a una FEC como resultado de algún evento que indica la necesidad por dicha etiqueta. Estos eventos de unión pueden ser divididos en dos categorías:

**Uniones Data-Driven.** Ocurre cuando el tráfico comienza a fluir.

Éste es sometido al LSR y es reconocido como un LS (usa la recepción de un paquete para disparar el proceso de asignación y distribución de etiquetas). Estas uniones son establecidas solo cuando son necesitadas y son asignadas a flujos individuales de tráfico IP, y no a paquetes individuales.

**Uniones Control-Driven.** Son el resultado de la actividad del plano de control e independientes del flujo de datos. Las uniones pueden ser establecidas como respuesta a actualizaciones de enrutamiento (Usa procesamiento de protocolos de enrutamiento como OSPF y BGP), o por la recepción de mensajes RSVP (Usa procesamiento de control de tráfico basado en peticiones).

### 3. DISEÑO DE UNA RED DE TECNOLOGÍA ACTUAL

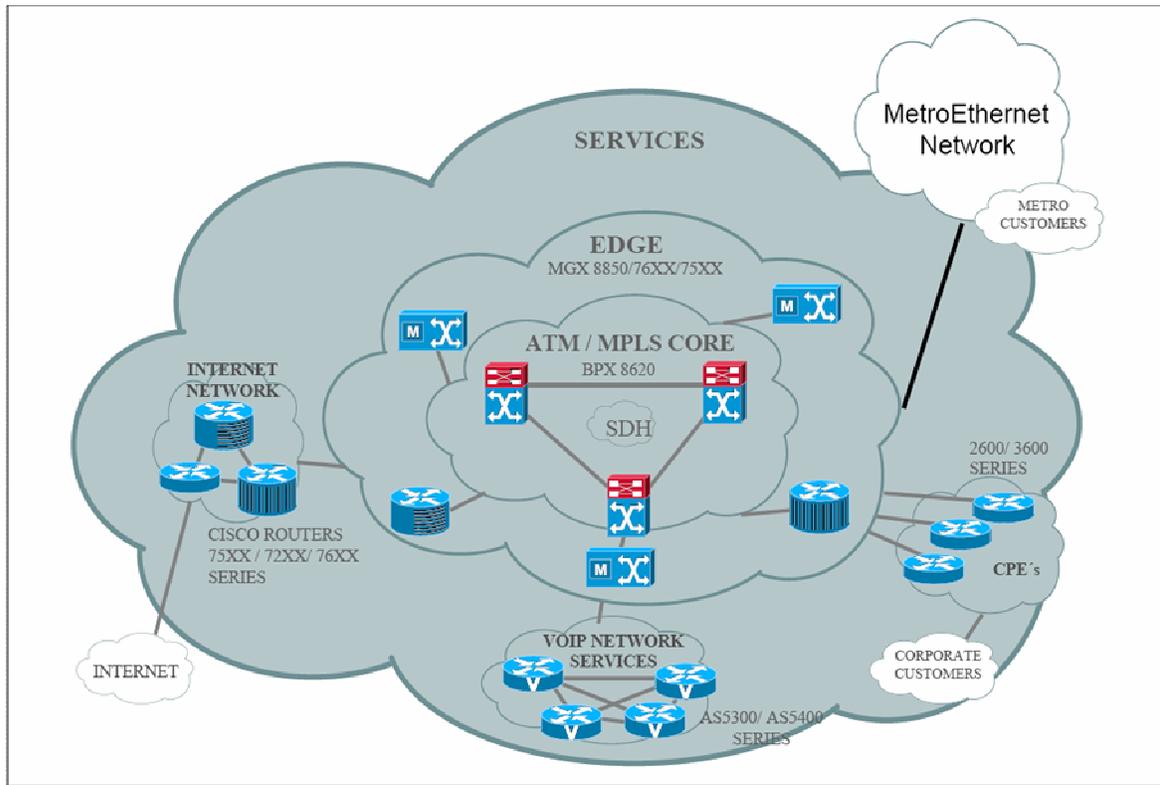


Figura 3.1 Diseño de Una Red Actual

En este diseño, se tiene una red de tecnología actual, donde abarca tecnologías como MPLS, MetroEthernet hasta llegar al cliente; Donde puede llegar directamente con MetroEthernet para interconectar a subproveedores de servicios u otras entidades que requieran un gran ancho de banda, o pueden hacerlo por medio de las redes de acceso actuales como xDSL, HFC, WLL, PLC, Etc.

El núcleo del diseño está compuesto por MPLS que brinda un gran ancho de banda, Con switches BPX 8620 de CISCO, que ofrece un buen ancho de banda a una distancia corta y servicios MPLS, además de entregar ATM y servicios IP en una plataforma integrada. Luego en el borde, en la red de distribución, tenemos Switches multiservicios MGX 8850 que se utilizan para el Backbone del proveedor, estos ofrecen combinación de servicios tales como: Frame Relay, ATM, Voz sobre ATM, Voz sobre IP, Emulación de Circuitos, Protocolo de Internet (IP), entre otros. Estos switches multiservicios proveen gran flexibilidad en el borde de los carriers; también tenemos a los Routers 75XX/76XX que proveen interfaces de 10 Gbps y sirven para desplegar servicios MPLS-MetroEthernet de alto rendimiento, por medio de los Routers se hacen las conexiones hacia las redes de acceso, para poder llegar hasta los clientes por medio de CPEs o Modems, o otros dispositivos para interconexión entre la red de acceso y el cliente.

### ACRÓNIMOS

---

**ADSL** *Asymmetric Digital Subscriber Line*

**ANSI** *American National Standards Institute*

**ATM** *Asynchronous Transfer Mode*

**BGP** *Border Gateway Protocol*

**B-ISDN** *ISDN Broadband*

**CAP** *Carrierless Amplitude/Phase*

**CATV** *Community Antenna TeleVision*

**CBS** *Committed Burst Size*

**CCITT** *Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony*

**CE** *Customer Equipment*

**CIR** *Committed Information Rate*

**CM** *Cable Modem*

**CMTS** *Cable Modem Termination System*

**CPE** *Customer Premises Equipment*

**DAViC** *Digital Audio Visual Council*

**DLCI** *Data Link Connection Identifier*

**DMT** *Discrete MultiTone*

**DSL** *Digital Subscriber Line*

**DSSSM** *Direct Sequence Spread Spectrum Modulation*

**DWDM** *Dense Wavelength Division Multiplexing*

**EBS** *Excess Burst Size*

**EGP** *Exterior Gateway Protocol*

**EIR** *Excess Information Rate*

**EoMPLS** *Ethernet over MPLS*

**EVC** *Ethernet Virtual Circuit*  
**FEC** *Forwarding Equivalence Class*  
**FR** *Frame Relay*  
**FTTC** *Fiber To The Curb*  
**FTTH** *Fiber To The Home*  
**FTTN** *Fiber To The Node*  
**GMSK** *Gaussian Minimum Shift Keying*  
**HDSL** *High Bit-rate Digital Subscriber Line*  
**HE** *Head End*  
**HF** *High Frequency*  
**HFC** *Hybrid Fibre Coaxial*  
**IEEE** *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*  
**IETF** *Internet Engineering Task Force*  
**IGRP** *Interior Gateway Routing Protocol*  
**IP** *Internet Protocol*  
**ITU** *International Telecommunication Union*  
**LAN** *Local Area Network*  
**LDP** *Label Distribution Protocol*  
**LER** *Label Edge Routers*  
**LSR** *Label Switch Routers*  
**MAC** *Media Access Control address*  
**MAN** *Metropolitan Area Network*  
**MEF** *Metro Ethernet Forum*  
**MEN** *Metro Ethernet Network*  
**MPEG** *Moving Picture Experts Group*  
**MPLS** *Multiprotocol Label Switching*  
**MPLS** *Multiprotocol Label Switching*  
**OFDM** *Orthogonal Frequency Division Multiplex*  
**OSI** *Open System Interconnection*  
**OSPF** *Open Shortest Path First*

**PLC** *Power Line Comunication*  
**PVC** *Permanent Virtual Circuit*  
**QAM** *Quadrature Amplitude Modulation*  
**QoS** *Quality of Service*  
**RDSI** *Red Digital de Servicios Integrados*  
**RIP** *Routing Information Protocol*  
**SDH** *Synchronous Digital Hierarchy*  
**SDSL** *Symmetric Digital Subscriber Line*  
**SLA** *Service Level Agreement*  
**SONET** *Synchronous Optical Network*  
**STB** *Set-Top Box*  
**SVC** *Switched Virtual Circuit*  
**TDM** *Time Division Multiplexing*  
**TPE** *Transformer Premises Equipment*  
**UNI** *User Network Interface*  
**VBD** *Voice Band Data*  
**VC** *Virtual Circuit*  
**VCI** *Virtual Circuit Identifiers*  
**VDSL** *Very high bit-rate Digital Subscriber Line*  
**VOD** *Video On Demand*  
**VPI/VCI** *Virtual Path Indicator/ Virtual Circuit Indicator*  
**WAN** *Wide Area Network*  
**WLL** *Wireless Local Loop*

## **TÉRMINOS**

---

**ANCHO DE BANDA:** Diferencia entre las frecuencias limite de un espectro de frecuencia continuo.

**ARQUITECTURA DE RED:** Las estructuras hardware y software que implementan las funciones de comunicación.

**ATM:** Asynchronous Transfer Mode. Modo de Transferencia Asíncrona. Es una tecnología de alto desempeño, orientada a conmutación de celdas y con tecnología de multiplexaje. Esta usa paquetes de tamaño fijo para llevar diferentes tipos de tráfico.

**BackBone:** Conexión de alta velocidad dentro una red que interconecta los principales sitios de la Internet.

**BANDA ANCHA:** El uso del cable coaxial para proporcionar una transferencia de datos mediante señales analógicas (de radio frecuencias). Las señales digitales pasan a través de un modem y se transmite en una de las bandas de frecuencia del cable.

**BGP:** Border Gateway Protocol. Protocolo de Intercambio de Borde. Es un protocolo para el intercambio de información de enrutamiento entre dos host gateways (cada uno con su enrutador) en una red de sistemas autónomos.

**CABECERA:** Información de control de un sistema definido que precede a los datos del usuario.

**CABLE COAXIAL:** Un cable que consiste en un conductor, usualmente un tubo o hilo de cobre, en el interior y aislado por otro conductor de mayor diámetro, usualmente un tubo de cobre o cobre trenzado.

**CANAL VIRTUAL (VC):** Conexión unidireccional entre usuarios. Además de transportar datos entre usuarios, también son utilizados para transportar la señalización y la gestión de la red.

**Capa 2 o de Enlace de Datos:** Capa 2 del modelo de referencia OSI. Proporciona tránsito confiable de datos a través de un enlace físico. Se ocupa del direccionamiento físico, topología de red, disciplina de línea, detección y notificación de errores, entrega ordenada de las tramas y del control de flujo. A veces se le denomina simplemente Capa de Enlace. A este nivel se manejan las direcciones MAC.

**Capa 3 o de Red:** Capa 3 del modelo de referencia OSI. Esta capa proporciona conectividad y selección de rutas entre dos sistemas finales. La capa de red es en la que se produce el enrutamiento. A este nivel se manejan las direcciones IP.

**CAPA ATM:** el auténtico núcleo sobre el que se vértebra la tecnología ATM. Sus funciones, fundamentales y comunes a cualquier nodo, se encargan de la

manipulación de celdas.

**CAPA:** Grupo de servicios, funciones, y protocolos que se definen totalmente desde un punto de vista conceptual, que constituye uno de entre conjunto de grupos dispuestos jerárquicamente, y que se extiende a través de todos los sistemas que conforman la arquitectura de la red.

**CELDA:** Paquete de información que se transmite por una red ATM y que tiene una longitud constante (53 bytes).

**CHECKSUM:** Código de detección de errores basado en la suma de los bits que se van a comprobar.

**DATAGRAMA:** En conmutación de paquetes, un paquetes independiente de los otros paquetes, que lleva información suficiente para encaminar desde el equipo terminal de datos (DTE) de origen hasta el DTE de destino sin la necesidad de establecer una conexión entre los DTE y la red.

**DCE:** Data Circuit Terminating Equipment. Equipo de terminación del circuito de datos.

**DTE:** Data Terminal Equipment. Equipo terminal de datos.

**ETIQUETA:** Es un identificador corto, de longitud fija y con significado local empleado para identificar un FEC.

**FEC:** Forwarding Equivalence Class. Clase de Equivalencia de Reenvío. Clase que define un conjunto de paquetes que se envían sobre el mismo camino a través de una red, aun cuando sus destinos finales sean diferentes.

**FIBRA ÓPTICA:** Filamento fino de cristal u otro material transparente a través del que se puede transmitir, mediante reflexión total interna, un haz de luz de una señal codificada.

**FRAME RELAY:** Intercambio de Tramas. Una técnica de transmisión extremadamente eficiente, usada para mandar información digital como voz, datos, tráfico de redes de área local (LAN), y tráfico de redes de gran área (WAN) a muchos puntos desde una solo puerto de manera muy rápida.

**FULL-DUPLEX:** Transmisión de datos en ambas direcciones y al mismo tiempo.

**HALF-DUPLEX:** Transmisión de datos en cualquier dirección, en un instante dado sólo una dirección.

**IETF:** Internet Engineering Task Force. Grupo voluntario que investiga y resuelve problemas técnicos.

**IGP:** Interior Gateway Protocol. Protocolo de Intercambio Interior. Es un protocolo para el intercambio de información de enrutamiento entre gateways (routers o host) adentro de una red autónoma.

**IP:** Internet Protocol. Protocolo De Internet. Se puede considerar el más importante de los protocolos que sobre los cuales se basa la Internet.

**LAN:** Local Área Network. Red De Área Local. Un tipo de arreglo para comunicación de datos a alta velocidad. Red limitada en el espacio, concebida para abastecer a sub-unidades organizativas.

**LDP:** Label Distribution Protocol. Protocolo de Distribución de Etiquetas. Es un protocolo para el intercambio y distribución de etiquetas entre los LSR de una red MPLS.

**LLC:** Control De Enlace Lógico. Define los servicios de acceso para protocolos que se adhieren al modelo OSI.

**LSP:** Label Switched Path. Camino de Intercambio de Etiquetas. Es una ruta a través de uno o más LSRs en un nivel de jerarquía que sigue un paquete de un FEC en particular.

**LSR:** Label Switching Router. Enrutador de Intercambio de Etiquetas. Es un enrutador de alta velocidad especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

**MPLS:** Multi-Protocol Label Switching. Intercambio De Etiquetas Multiprotocolares. Es un estándar del IETF que surgió para agrupar diferentes soluciones de conmutación multinivel.

**NIVEL FÍSICO:** Es el nivel inferior encargado de controlar las señales físicas, ya sean ópticas o eléctricas, e independizarlas de los niveles superiores de protocolo adaptándolas al medio de transmisión y codificación utilizado.

**OSI, Modelo de referencia:** Modelo de arquitectura de red desarrollado por ISO y UIT-T. El modelo está compuesto por siete capas, cada una de las cuales especifica funciones de red individuales, por ejemplo, direccionamiento, control de flujo, control de errores, encapsulamiento y transferencia confiable de mensajes. La capa superior (la capa de aplicación) es la más cercana al usuario; la capa inferior (la capa física) es la más cercana a la tecnología de medios. Las dos capas inferiores se implementan en el hardware y el software, y las cinco capas superiores se implementan sólo en el software. El modelo de referencia OSI se usa a nivel mundial como método para la enseñanza y la comprensión de la funcionalidad de la red. Las siete capas que describe son: Aplicación (7), Presentación (6), Sesión (5), Transporte (4), Red (3), Enlace

de datos (2) y Física (1).

**PAYLOAD:** Parte de la celda ATM que tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL que también son considerados como datos del usuario.

**PVC:** Permanent Virtual Circuit. Circuito Virtual Permanente. Es un camino virtual a través de una red, caracterizado por tener puntos de llegada definidos por el operador de la red en una subestación de suscripción. Un simple camino físico puede soportar varios PVCs.

**QoS:** Calidad de Servicio. Es la idea de mejorar la tasa de transmisión, tasas de error y otras características que pueden ser medidas, y en muchos casos garantizar el servicio. QoS es de preocupación particular para las transmisiones continuas de alto ancho de banda para video y transmisiones multimedia.

**RSVP:** Resource Reservation Protocol. Protocolo de Reservación de Recursos. Es un conjunto de reglas de comunicación que permite canales o caminos en la Internet sean reservados para multicast (cuando un paquete se manda a muchos usuarios), transmisión de video o cualquier otro uso diferenciado. RSVP es parte del modelo IIS (Internet Integrated Service) el cual asegura servicios de mejor- esfuerzo, tiempo-real y control de compartición de links.

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Protocolo para Control de Trasmisión/protocolo Inter. red. Software adecuado para proceso Inter. red originado en la Arpanet del departamento de Defensa de EEUU.

**TRAMA O FRAME:** Grupo de bits que incluye datos, además de una o más direcciones y otra información de control de protocolo. Generalmente se refiere a la unidad de datos del protocolo de la capa de enlace.

**TTL:** Time-To-Live. Es un campo dentro del encabezado IP que indica el tiempo de vida del paquete cuando este viaja por la red.

**UNI:** User To Network Interface. La UNI es un modo nativo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (Customer Premises Equipment), tal como hubs o routers ATM y la red de área ancha ATM (ATM, WAN).

**VCI (VIRTUAL CIRCUIT IDENTIFIER) Y VPI (VIRTUAL PATH IDENTIFIER):** Campos de control que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión.

**VPN:** Virtual Private Network. Red Privada Virtual. Servicio ofrecido por carriers (portadoras comunes), en el cual la red pública conmutada provee capacidades similares aquellas de las líneas privadas, tales como acondicionamiento, chequeo de errores, transmisión a alta velocidad, full duplex, basada en

cuatro hilos conductores con una calidad de línea adecuada para transmisión de datos.

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1 Frame Relay</b>	<b>11</b>
<b>Figura 1.2 Red Frame Relay</b>	<b>13</b>
<b>Figura 1.3 Red Frame Relay 2</b>	<b>14</b>
<b>Figura 1.4 Esquema de Red HDSL</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2.1 Red de Acceso</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.2 Red de Servicios de Telecomunicaciones</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2.3 Diseño de una Red HFC</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2.4 Esquema Típico de Redes</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2.5 Esquema de Funcionamiento Cable Modem</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2.6 Esquema de una Red WLL</b>	<b>33</b>
<b>Figura 2.7 Esquema de las Radio Bases WLL</b>	<b>37</b>
<b>Figura 2.8 Red PLC</b>	<b>38</b>
<b>Figura 2.9 Esquema como Funciona PLC</b>	<b>41</b>
<b>Figura 2.10 Red Metro Ethernet</b>	<b>43</b>
<b>Figura 2.11 Esquema de una Red MPLS</b>	<b>49</b>
<b>Figura 2.12 Arquitectura de un LSR y un LER</b>	<b>56</b>
<b>Figura 2.13 Esquema del Núcleo MPLS</b>	<b>57</b>
<b>Figura 2.14 Componentes de una Red MPLS</b>	<b>58</b>

<b>Figura 2.15 Funcionamiento LSP</b>	<b>59</b>
<b>Figura 2.16 Tipos de Trayectos con Conmutación de Etiquetas</b>	<b>60</b>
<b>Figura 2.17 Encapsulado de la Etiqueta MPLS Genérica</b>	<b>61</b>
<b>Figura 2.18 Etiqueta MPLS Genérica</b>	<b>61</b>
<b>Figura 3.1 Diseño de Una Red Actual</b>	<b>64</b>

## BIBLIOGRAFIA

- SENACITEL CHILE  
<http://www.senacitel.cl/downloads/senacitel2000/ID046.PDF>
- TELEFONICA  
[http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacion/esng/capitulos/08\\_la\\_red\\_de\\_acceso.pdf](http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacion/esng/capitulos/08_la_red_de_acceso.pdf)
- Mc-GrawHill Series and Computer Communications 1998  
Remote Access Networks: Pstn, Isdn, Adsl, Internet and Wireless.
- TELKOPLC WEB  
<http://www.telkoplac.net/noticias/programa-fomento/fundamentos-plc.htm>
- Broadband Telecommunications Handbook VPNS,3GW,GPRS,MPLS,VoIP,SIP  
2nd Ed. McGrawHill(2002)