

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES INTERNACIONALES  
PRIVADOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**JOSÉ LUIS TOVAR LÓPEZ**

**PROMOCIÓN  
1999-I**

**LIMA-PERÚ  
2003**

*Dedico este trabajo a:  
Mis padres, inspiración plena de lucha y  
sacrificio,  
mis hermanos, por el apoyo incondicional en  
mi carrera,  
y mi abuela, ejemplo de perseverancia y  
dedicación.*

## **SUMARIO**

El presente trabajo pretende describir el uso de la tecnología ATM como un medio de solución en la implementación de líneas privadas internacionales; la cual a su vez es aprovechada actualmente por muchas compañías multinacionales para la interconexión de sus redes de datos, voz y video.

En el capítulo I se ofrece una visión general de las redes WAN, en ella se encuentra una breve reseña histórica de la evolución de las redes en el transcurso del tiempo, adicionalmente se señala una breve descripción de las diversas tecnologías desarrolladas en este rubro y de sus bondades en los servicios de los usuarios finales.

El capítulo II se refiere a la descripción de las tecnologías involucradas en la implementación del proyecto, en este caso el uso de la tecnología ATM y sus características, así como algunas aplicaciones en el mundo actual.

El capítulo III describe el servicio IPL y sus características propias, analizando cada tramo del enlace internacional, iniciando en la última milla, interconexión al backbone ATM y pasando luego a la red internacional. Además se describen algunas características de los equipos involucrados en el proyecto.

El capítulo IV nos muestra algunas aplicaciones típicas de estos enlaces y las facilidades que ofrecen a grandes compañías multinacionales en la solución de sus servicios.

## **IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES INTERNACIONALES PRIVADOS**

## ÍNDICE

### PRÓLOGO

### CAPÍTULO I

#### CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SERVICIOS WAN

1.1 Introducción	03
1.2 Partes de un Proveedor de Servicio WAN	03
1.3 Redes WAN – Tecnologías Aplicadas	06

### CAPÍTULO II

#### TECNOLOGÍA ATM Y EMULACIÓN DE CIRCUITOS - CES

2.1 Introducción	09
2.2 Arquitectura ATM – Conceptos y Principios de Funcionamiento	10
2.3 Introducción a CES – Circuit Emulation Services	26

### CAPÍTULO III

#### DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO IPL – INTERNATIONAL PRIVATE LINE

3.1 Introducción	32
3.2 Descripción del Enlace IPL	34
3.3 Características del Servicio	39
3.4 Esquema Topológico del Enlace IPL	46

**CAPÍTULO IV****APLICACIONES DEL SERVICIO IPL**

4.1 Backbone de una red de datos internacional	50
4.2 Conexión a Internet	51
4.3 Aplicaciones que agregan valor	52
4.4 Muchas ventajas a su alcance	53
<b>CONCLUSIONES</b>	54
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	56

## **PRÓLOGO**

La evolución de las redes es en gran medida una evolución de funciones y capacidades. Cada nueva fase en la evolución del networking incorpora y se expande en la funcionalidad (tal como los métodos de comunicación y velocidades de acceso) de la fase previa, empezando en la década de 1960 y continuando hasta el día de hoy.

La presión más grande sobre las redes en el futuro inmediato es la globalización de los negocios, y el soporte de aplicaciones requeridos para manejar los negocios en forma interna y con clientes alrededor del mundo. Es usual en estos tiempos encontrar que una compañía requiera 100 aplicaciones para funcionar dentro de una red global.

Los estudios muestran que las redes en aumento requieren más ancho de banda para soportar aplicaciones añadidas y conexiones a la red. Las redes necesitarán conocer estas demandas así como proveer bajos retardos, anchos de banda en demanda, y otros nuevos servicios. Los nuevos dispositivos tomarán lugar junto al router como herramientas de red adicional. Las redes actuales y futuras tendrán más funciones distribuidas y deben prevenir la integración de la voz, data y video.

Las redes globales soportan una variedad de dispositivos y aplicaciones que tienen anchos de banda variables y velocidades necesarias. En el caso de tráfico de video, transferencia de audio, y de grandes archivos gráficos, por ejemplo, la ruta de los datos debe proveer bajos retardos, y comunicaciones end-to-end confiables ofrecidas a través de la tecnología conmutada ATM.

Las siguientes son características de las redes globales:

- Incrementado uso de gráficos e imágenes,
- Archivos de gran tamaño,
- Grandes programas,
- Computación bajo la plataforma cliente / servidor,
- Ráfagas de tráfico de red.

Las redes globales proveerán un entorno para aplicaciones emergentes que requieren incluso grandes cantidades de ancho de banda. Muchas de estas aplicaciones son manejadas por la evolución de los requerimientos multimedia que tienen una imagen de alta definición, video de completo movimiento, o componentes de audio digitalizados.

# **CAPÍTULO I**

## **CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SERVICIOS WAN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

Las redes WAN o redes de área extensa son implementadas con la finalidad de proveer servicios a usuarios finales (personas naturales u organizaciones). Con una red WAN, el usuario se suscribe a un proveedor de servicios WAN externo para utilizar recursos de red que su organización no posee. El servicio de telefonía básica (PSTN) es el servicio WAN más utilizado comúnmente.

Una vista general de las nubes WAN organiza a los proveedores de servicio WAN en 03 grupos principales:

- Servicios de Líneas Dedicadas (Leased Lines).
- Servicios por Conmutación de Circuitos (PSTN, ISDN).
- Servicios por Conmutación de Paquetes (X.25, Frame Relay, ATM).

### **1.2 PARTES DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO WAN.**

Cuando una organización se suscribe a un proveedor de servicio WAN externo, el proveedor asigna a la organización los parámetros necesarios para conectar las

llamadas WAN. La organización realiza las conexiones hacia los destinos como una llamada punto a punto sin importarle la ruta o camino intermedio a seguir para poder lograrlo.

Los términos más utilizados comúnmente para describir las partes de una red WAN proveedor-usuario son:

- Customer premises equipment (CPE)
- Demarcation
- Local Loop
- Central office switch
- Toll Network

### **Customer Premises Equipment (CPE)**

Los dispositivos CPE están físicamente localizados en el local del suscriptor. Ellos incluyen tanto los dispositivos de propiedad del suscriptor y los equipos alquilados al suscriptor por el proveedor de servicios. Por ejemplo, los terminales remotos, los teléfonos, y los módems que se conectan al proveedor de servicios son considerados CPEs. El suscriptor WAN debería conocer como es la interfase entre los elementos el CPE y el proveedor del servicio.

### **Demarcation**

El punto de demarcación es la juntura, unión o parte en la cual el CPE termina y la porción del “local loop” comienza. El “demarc” frecuentemente ocurre en un closet de comunicaciones (un cuarto que contiene el bloque terminal del cableado del proveedor).

### **Local Loop**

El enlace local consiste del cableado (usualmente cobre) que se extiende desde el punto de demarcación hacia dentro del “Central Office” del proveedor de servicio WAN. El local loop es algunas veces referenciado como la Última Milla. Usualmente el local loop es extendido en distancias relativamente cortas hacia el local más cercano de la compañía telefónica.

### **Central Office (CO) Switch**

El CO switch es una instalación que provee el punto de presencia (POP) más cercano para el servicio WAN del proveedor.

El Central Office actúa como:

- Un punto de entrada hacia la nube WAN para llamadas.
- Un punto de salida desde la WAN para los dispositivos llamados.
- Un punto de conmutación para llamadas que atraviesan el servicio.

Un suscriptor llamado puede recibir una llamada que ha atravesado las troncales y switches de una “central office” de similar jerarquía.

### **Toll Network**

La colección de switches y servicios (llamados troncales) dentro de la nube del proveedor WAN forman el “toll network”. El tráfico del usuario que origina la llamada puede cruzar una troncal hacia un centro primario, luego ir hacia un centro sectorial, y luego hacia un centro de un carrier regional o internacional para que la

llamada llegue a su destino por larga distancia. Los switches operan en las oficinas de los proveedores con cargos basados en tarifas o tasas autorizadas.

Frecuentemente, en circuitos punto a punto que abarcan fronteras regionales o internacionales, varios proveedores de servicios manejan una conexión en la red de interconexión.

### **1.3 REDES WAN – TECNOLOGÍAS APLICADAS.**

Como mencionamos anteriormente dentro de las redes WAN encontramos diversos grupos de redes implementados cada uno de ellos basados en una determinada tecnología y con características propias, dentro de las cuales podemos destacar:

#### **Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)**

Es una red basada en la conmutación de circuitos. Utiliza la multiplexación por división de tiempo (TDM), es decir envía la información de múltiples fuentes por un mismo medio físico, cada una con diferentes locaciones de ancho de banda. La conmutación de circuitos utiliza señalización para determinar la ruta de la llamada, el cual es un camino dedicado entre el transmisor y el receptor. Multiplexando el tráfico en “slots” de tiempo fijo, TDM evita la congestión de los servicios y los retardos variables.

TDM para la mayoría de redes WAN usa esquemas estadísticos de multiplexación para asignar anchos de banda a los canales de voz y datos que llevan el tráfico del suscriptor.

## **X.25**

Es un estándar que define la conexión entre un terminal y una red de conmutación de paquetes. X.25 ofrece los enfoques más cercanos al mundo de las comunicaciones de datos disponibles. Virtualmente cada nación usa alguna red direccionable en X.25.

X.25 fue originado en principios de 1970s. La industria del networking comúnmente usa el término X.25 para referirse a la pila completa de protocolos X.25.

Muchos diferentes protocolos de la capa de red (IP, AT, IPX, VINES, XNS, DECnet, etc.) pueden ser transmitidos a través de circuitos virtuales (VCs) X.25, por medio de un proceso frecuentemente referido como “tunneling”. En el tunneling los datagramas u otros paquetes de capa tres son encapsulados dentro de los paquetes X.25 también de capa tres para que sean transportados a través de la WAN vía el circuito virtual X.25.

## **Frame Relay**

Es un protocolo de capa dos basada en frames el cual toma ventaja de la baja tasa de error de los servicios digitales. Frame Relay ofrece soluciones WAN que proveen velocidades más altas y costos más bajos que las antiguas redes punto a punto X.25 basadas en HDLC o el protocolo punto a punto (PPP).

## **Modo de Transferencia Asíncrona - ATM**

Es una tecnología de multiplexación y conmutación de celdas que combina los beneficios tanto de la conmutación de circuitos como de la conmutación de paquetes. La conmutación de circuitos provee un retardo de transmisión constante con capacidad garantizada, mientras que la conmutación de paquetes ofrece flexibilidad y es

eficiente para el tráfico intermitente. ATM otorga importantes ventajas sobre otras tecnologías LAN y WAN, incluyendo anchos de banda escalables con puntos de rendimiento y precios sin precedentes, y calidad de servicio que garantiza el soporte a aplicaciones sensibles al tiempo, tales como multimedia. Adicionalmente, el comité internacional de estándares ITU-T también escoge a ATM como la tecnología de transferencia para la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (BISDN).

## **CAPÍTULO II**

### **TECNOLOGÍA ATM Y EMULACIÓN DE CIRCUITOS - CES**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

Inicialmente propuesto por la Industria de las Telecomunicaciones, ATM rápidamente se ha convertido en la tecnología más promovida dentro de las industrias de Comunicaciones y Computadores.

Las recomendaciones iniciales propuestas por el CCITT en 1988 fueron que, ATM y la Red óptica Síncrona (SONET) formasen la base de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN), un nuevo estándar en desarrollo para la integración en red de: Datos, Voz, Imagen y Video, a velocidades de transmisión desde 34 Mbps a varios Gigabits por segundo.

Emplea el concepto de Conmutación de Celdas (Cell Switching), el cual combina los beneficios de la Conmutación de Paquetes tradicionalmente utilizada en redes de datos, y la Conmutación de Circuitos utilizada en redes de voz.

ATM se basa en el concepto de Conmutación Rápida de Paquetes (Fast Packet Switching) en el que se supone una fiabilidad muy alta a la tecnología de transmisión digital, típicamente sobre fibra óptica, y por lo tanto la no necesidad de recuperación

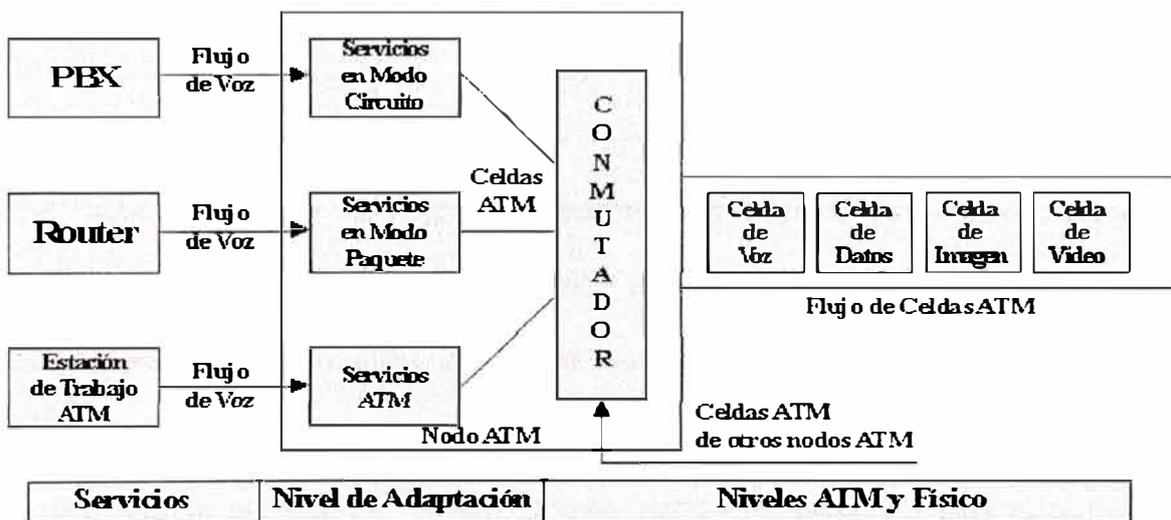
de errores en cada nodo. Ya que no hay recuperación de errores, no son necesarios los contadores de número de secuencia de las redes de datos tradicionales, tampoco se utilizan direcciones de red ya que ATM es una tecnología orientada a conexión, en su lugar se utiliza el concepto de Identificador de Circuito o Conexión Virtual (VCI).

## **2.2 ARQUITECTURA ATM – CONCEPTOS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.**

El tráfico con tasa de bit o velocidad binaria constante (CBR), por ejemplo voz PCM o vídeo no comprimido, tradicionalmente es transmitido y conmutado por redes de conmutación de circuitos o Multiplexores por División en el Tiempo (TDM), que utilizan el Modo de Transmisión Síncrono (STM). En STM, los multiplexores por división en el tiempo dividen el ancho de banda que conecta dos nodos, en contenedores temporales de tamaño pequeño y fijo o ranuras de tiempo ("Time Slots"). Cuando se establece una conexión, esta tiene estadísticamente asignado un "slot" (o varios). El ancho de banda asociado con este "slot" está reservado para la conexión haya o no transmisión de información útil. Una pequeña cantidad de ancho de banda para control, se utiliza para la comunicación entre los conmutadores, de forma que estos conocen los "slots" que tiene asignados la conexión. Esto se conoce como direccionamiento implícito. El conmutador receptor sabe a que canales corresponden los "slots" y por lo tanto no se requiere ningún direccionamiento adicional. Este procedimiento garantiza la permanente asignación de un ancho de banda durante el tiempo que dura la llamada, así como un tiempo de latencia pequeño y constante.

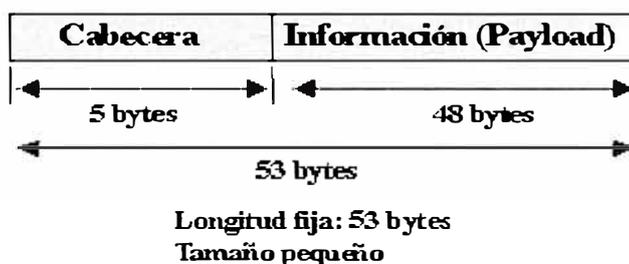
En contraste, los datos son normalmente transmitidos en forma de tramas o paquetes de longitud variable, lo que se adecua bien a la naturaleza de ráfagas de este tipo de información. Sin embargo, este mecanismo de transporte tiene retardos impredecibles, la latencia tiende a ser alta y en consecuencia la conmutación de paquetes no es adecuada para tráfico con tasa de bit constante como la voz. Tampoco la conmutación de circuitos se adecua para la transmisión de datos, ya que si se asigna un ancho de banda durante todo el tiempo para un tráfico en ráfagas, se derrocha mucho ancho de banda cuando este no se utiliza.

ATM ha sido definido para soportar de forma flexible, la conmutación y transmisión de tráfico multimedia comprendiendo datos, voz, imágenes y vídeo. En este sentido, ATM soporta servicios en modo circuito, similar a la conmutación de circuitos, y servicios en modo paquete, para datos (Fig. 2.1).



**Fig. 2.1 Funcionamiento de un Nodo ATM**

Sin embargo, a diferencia de la conmutación de circuitos, ATM no reserva "slots" para la conexión. En su lugar, una conexión obtiene "slots" o celdas, solo cuando está transmitiendo información. Cuando una conexión está en silencio no utiliza "slots" o celdas, estando estas disponibles para otras conexiones. Con esta idea en mente, se decidió que la unidad de conmutación y transmisión fuese de tamaño fijo y longitud pequeña. Esta unidad es conocida como Celda, y tiene una longitud de 53 bytes divididos en 5 de cabecera y 48 de información o carga útil. Esta celda es quien viene a sustituir al "Time Slot" o contenedor del STM (Fig. 2.2).

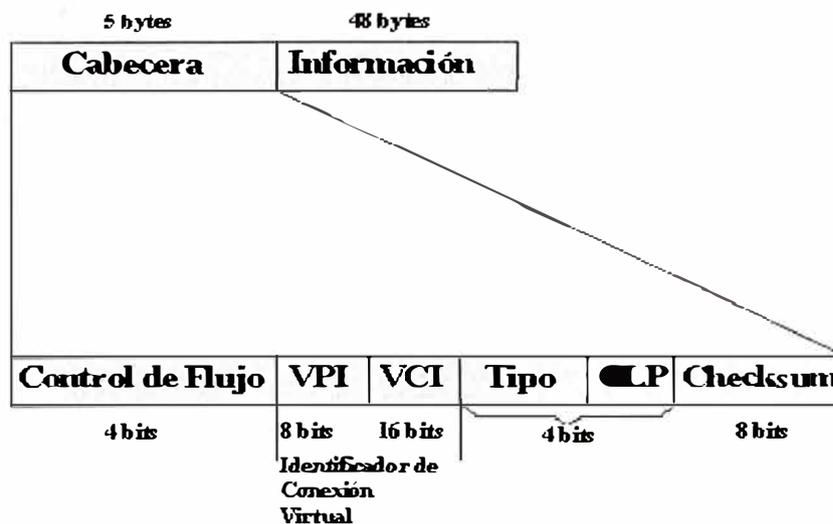


**Fig. 2.2 Celda ATM**

Las celdas pequeñas y de longitud constante son ventajosas para tráfico con tasa de bit constante (Voz, Vídeo) y son muy útiles en general ya que permiten un tiempo de latencia muy bajo, constante y predecible, así como una conmutación por hardware a velocidades muy elevadas. También, en el caso de pérdida de celdas por congestión o corrupción, la pérdida no es muy grande siendo en muchos casos remediable o recuperable. De hecho, el tráfico de Voz y Vídeo, no es muy sensible a pequeñas pérdidas de información, pero sí es muy sensible a retardos variables, sucediéndole lo contrario al tráfico de datos. En una red ATM, donde las celdas no están reservadas sino asignadas bajo demanda, el conmutador receptor no puede

determinar por adelantado a que canal corresponde cada celda. La Celda ATM a diferencia del Time Slot en STM, debe transportar la identificación de la conexión a la que pertenece, de esta forma no existirán Celdas vacías ya que serán utilizadas por conexiones pendientes. Esta es una diferencia fundamental del ATM frente al STM. La cabecera presente en cada celda, consume aproximadamente un 9.5% del ancho de banda, siendo este el precio que hay que pagar por la capacidad para disponer de ancho de banda bajo demanda, en lugar de tenerlo permanentemente reservado y eventualmente desperdiciado.

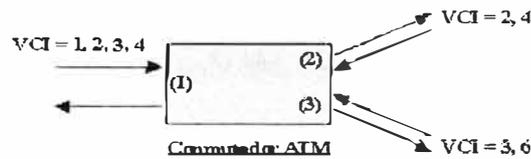
La adopción de una cabecera de 5 bytes ha sido posible, porque no se realiza recuperación de errores en los nodos intermedios, tampoco se emplean direcciones válidas a nivel de toda la red, tales como la dirección MAC en Ethernet o IP en redes tipo TCP/IP (Fig. 2.3).



**Fig. 2.3 Cabecera de la Celda ATM**

Al igual que en las redes de conmutación de paquetes (X.25 y Frame Relay), la tecnología ATM está Orientada a Conexión. Esto significa que antes de que el

usuario pueda enviar celdas a la red, es necesario realizar una llamada y que esta sea aceptada para establecer una Conexión Virtual a través de la red. Durante la fase de llamada un Identificador de Conexión Virtual (VCI) es asignado a la llamada en cada nodo de intercambio a lo largo de la ruta (Fig.2.4).



**Fig. 2.4 Identificador de conexión virtual (VCI)**

El identificador asignado, sin embargo, solo tiene significado a nivel del enlace local, y cambia de un enlace al siguiente según las celdas pertenecientes a una conexión pasan a través de cada conmutador ATM. Esto significa, que la información de encaminamiento (routing) transportada por cada cabecera puede ser relativamente pequeña. Asociado con cada enlace o puerto entrante del conmutador ATM, hay una tabla de encaminamiento que contiene el enlace o puerto de salida y el nuevo VCI que va a ser utilizado en correspondencia a cada VCI entrante (Fig. 2.5).

VCI-in	Enlace 1 R-T		VCI-in	Enlace 2 R-T		VCI-in	Enlace 3 R-T	
↓	Salida	VCI	↓	Salida	VCI	↓	Salida	VCI
1	2	2	·	·	·	·	·	·
2	2	4	2	1	1	3	1	3
3	3	3	·	·	·	·	·	·
4	3	6	4	1	2	6	1	4
·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·

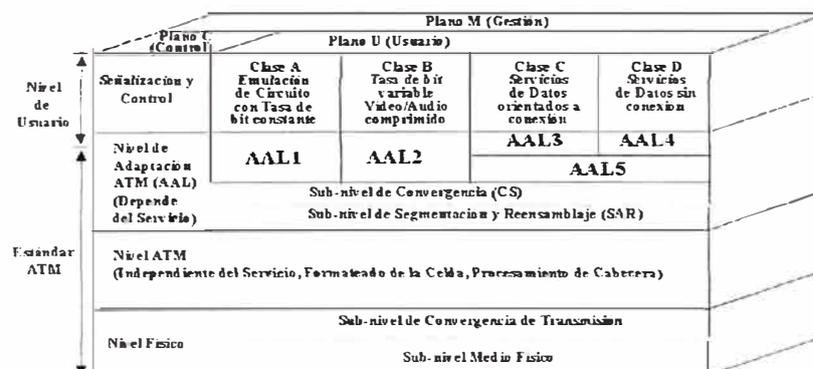
**Fig. 2.5 Tablas de encaminamiento**

De este modo el encaminamiento de celdas en ambas direcciones a lo largo de la ruta es extremadamente rápido, ya que consiste en una simple operación de consulta en una tabla. Como resultado, las celdas procedentes de cada enlace pueden ser conmutadas independientemente a velocidades muy altas. Esto permite el uso de arquitecturas de conmutación paralelas y circuitos de alta velocidad hasta gigabits, cada uno operando a su máxima capacidad. Celdas procedentes de diferentes fuentes son multiplexadas juntas de forma estadística a efectos de conmutación y transmisión.

Un conmutador ATM podría describirse como una caja que mantiene en su interior una gran cantidad de Ancho de Banda, siendo este recurso cedido o recuperado dinámicamente según el aumento o disminución de las necesidades. En este sentido, se dice que ATM proporciona Ancho de Banda bajo demanda.

### Modelo de Referencia ATM

El modelo de referencia propuesto por el CCITT está constituido por tres niveles: Nivel Físico, Nivel ATM y Nivel de Adaptación ATM (AAL) (Fig. 2.6).



**Fig. 2.6 Modelo de Referencia ATM**

Las funciones han sido divididas en tres grupos conocidos como planos: El plano C de control y señalización, el plano U de usuario y el plano M de gestión. Los protocolos del plano C se encargan de la señalización, es decir, del establecimiento, mantenimiento y cancelación de conexiones virtuales. Los protocolos del plano U dependen de la aplicación y en general operan extremo a extremo (usuario a usuario). Los protocolos del plano M se encargan de la Operación, Administración y Mantenimiento (OAM). Los protocolos de los tres planos hacen uso de los servicios ofrecidos por los tres niveles ATM.

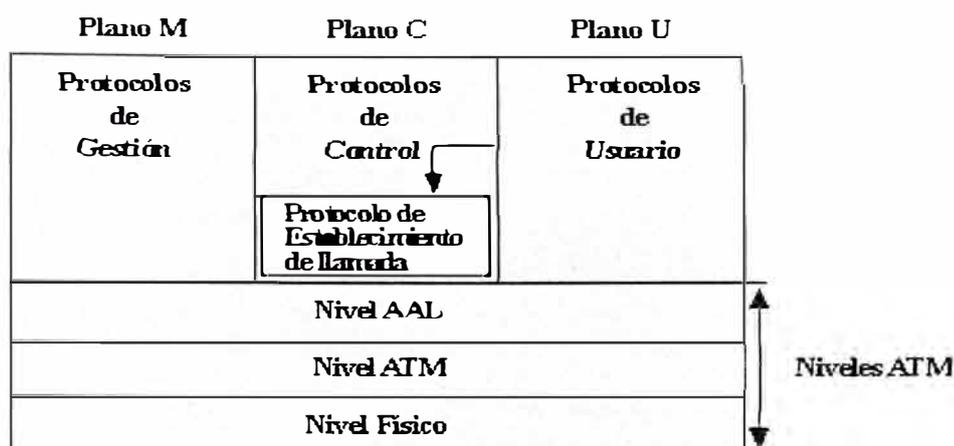
### **Nivel Físico**

Define las interfases físicas, los protocolos de trama y codificación para la red ATM. Hay diferentes opciones de conexiones físicas. La especificación del ATM Forum con relación a la Interfase Usuario Red (ATM UNI) actualmente define SONET/SDH STS-3c (155.52 Mbps), DS3(44.736 Mbps), E3(34.368 Mbps), posiblemente DS1/E1, así como 100 Mbps con codificación 4B/5B para fibra local (derivado del estándar FDDI a.k.a. TAXI) y 155 Mbps con codificación 8B/10B sobre fibra óptica multimodo (basado en Fiber Channel).

Cada conexión física al conmutador ATM es un enlace dedicado y todos los enlaces pueden estar simultáneamente activos. Los conmutadores ATM están diseñados para permitir a todos los puertos comunicarse transparentemente e independiente de la velocidad física. Esto permite que la conexión física esté acoplada con los requerimientos de ancho de banda del dispositivo conectado. La conversión de velocidad es una característica inherente de ATM, tampoco tiene restricciones topológicas de las redes clásicas tales como Token Ring o Ethernet.

## **Nivel ATM**

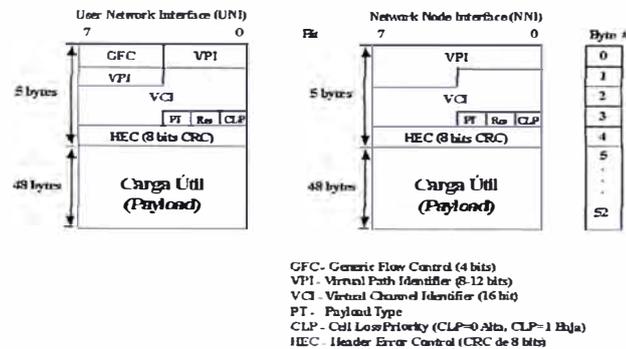
Este es el nivel de conmutación y transmisión de ATM. Define la estructura de la cabecera de la celda, y como las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en la red ATM. Realiza las funciones de multiplexación estadística de celdas procedentes de diferentes conexiones, y su encaminamiento sobre las conexiones virtuales. Las conexiones lógicas en el nivel ATM, están basadas en el concepto de Camino Virtual (Virtual Path) y Canal Virtual (Virtual Channel). Una Conexión de Camino Virtual (VPC) es una colección de Conexiones de Canal Virtual (VCC) tributarios que son transportados a lo largo del mismo camino o ruta. Un conmutador de tránsito podría reaccionar únicamente a la información de camino (VPC), mientras que los conmutadores terminales reaccionarían a la información de fan-out (VCC), pudiéndose mapear diferentes sesiones contra VCIs sobre la misma conexión VPC. Cada VPC o VCC puede estar establecido permanentemente, con lo que tendremos una Conexión Virtual Permanente (PVC), o establecido dinámicamente bajo demanda disponiéndose entonces, de una Conexión Virtual Conmutada (SVC). Funciones de control y señalización asociadas con el plano C, y por lo tanto fuera del modelo de referencia ATM, permiten al usuario establecer y terminar dinámicamente VPCs y VCCs (Fig. 2.7).



**Fig. 2.7 Protocolos externos a ATM**

Dentro de una red ATM, el camino seguido por los mensajes de señalización es una conexión virtual específica conocida como Conexión de Canal Virtual para Señalización (SVCC). Un descriptor de tráfico, o contrato usuario-red, define los parámetros y reglas de cada VPC y VCC. Están especificados descriptores de tráfico definiendo pico de tráfico (PCR), longitud máxima de ráfagas (MBS), tasa de bit media (SCR), variación del retardo (CDVT). El protocolo de control de la conexión negocia la clase de servicio específica y las características del ancho de banda de cada circuito virtual durante el establecimiento de la llamada. La red propaga esa petición internamente hasta su destino y verifica si los requerimientos exigidos se van a poder cumplir. En caso afirmativo, la red acepta el circuito y a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento. Esto permite que cada circuito virtual sea cortado a medida para su uso específico, por ejemplo vídeo o paquetes de datos, siendo la calidad del servicio (QoS) una característica inherente de ATM.

Hay dos formatos diferentes para la cabecera de las celdas (Fig. 2.8).



**Fig. 2.8 Formatos UNI y NNI**

El primero se utiliza en el enlace de acceso entre el usuario y la red (ATM-UNI), y está pensado para usuarios que utilizan equipos que trabajan en modo nativo ATM y que generan directamente celdas. El campo Control de Flujo Genérico (GFC) tiene significado únicamente en este enlace y se incluye para asignar prioridades a las diferentes celdas, dependiendo del tipo de información que transportan, y que estas sean colocadas en diferentes colas de salida según su prioridad. No está presente dentro de la red, y en su lugar se amplía el campo VPI.

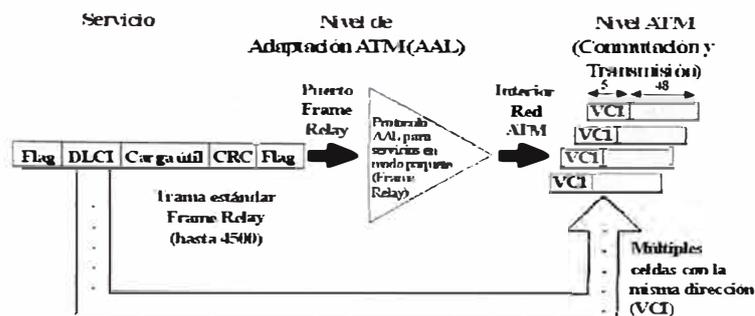
El campo Tipo de Carga útil (PT) se utiliza para permitir que las celdas de los planos C y M, se distingan de las celdas conteniendo información de Usuario, y también para informar de la existencia de congestión. El protocolo AAL5 utiliza un bit del campo PT para indicar el fin del mensaje (EOM) de una trama AAL5 (PT=0x1). El bit CLP permite que las celdas tengan una de dos prioridades: alta (CLP=0) y baja (CLP=1). Debido a que un conmutador ATM opera por multiplexación estadística de sus entradas, es posible que múltiples entradas compitan por una misma salida, dando lugar a que un buffer temporal se desborde en un enlace de salida de un nodo

ATM. El bit CLP se utiliza para marcar aquellas celdas que en caso de congestión se puedan descartar primero. El campo HEC es un CRC de 8 bits para detección de errores en la cabecera (solo), especialmente si el direccionamiento es correcto. Si falla, la celda es descartada. Si es correcto, se puede proceder inmediatamente a la conmutación. Celdas vacías también son descartadas y se caracterizan por que su VPI/VCI es cero.

### **Nivel de Adaptación ATM (AAL)**

Como se ha indicado, ATM ha sido definido para proporcionar un soporte de conmutación y transmisión flexible para tráfico multimedia. En consecuencia, es esencial que ATM soporte un rango de tipos de servicios alternativos. Mas aun, excepto para aquellas aplicaciones que generan directamente celdas, el uso de la conmutación y transmisión de celdas ha de ser totalmente transparente al equipo del usuario. El nivel de Adaptación ATM, como su nombre indica, realiza las funciones de adaptación (convergencia) entre las clases de servicio proporcionadas al usuario, por ejemplo transportar tramas de datos entre dos LANs, y el servicio basado en celdas proporcionado por ATM.

Cuando una trama o flujo de bits, cualquiera que sea su origen (voz, datos, imagen o vídeo), entra en una red ATM, el nivel de Adaptación la segmenta en celdas. El proceso comienza inmediatamente cuando la primera parte de la trama entra en el conmutador de acceso a la red ATM; no hay que esperar hasta que la trama entera haya llegado (Fig. 2.9).



**Fig. 2.9 Servicios en modo paquete**

Las celdas generadas son enviadas a través de la red ATM a alta velocidad, por ejemplo a 622 Mbps. Durante la totalidad del proceso, hay únicamente un punto donde la trama completa podría estar almacenada: en el punto de salida de la red, sin embargo bastará que haya un número suficiente de celdas en el punto de salida para comenzar la entrega al usuario.

En los conmutadores intermedios, todas las celdas son despachadas tan rápidamente como llegan. De hecho, en el momento que la trama ha entrado totalmente en el conmutador de acceso a la red, la mayor parte de la trama estará ya en el puerto de destino, próxima a salir o saliendo de la red ATM. Esta tecnología evita el retardo de serialización causado por otras técnicas, que emplean la aproximación de almacenamiento de la trama y su posterior envío. También la utilización de celdas de tamaño pequeño y fijo, permite el intercalado y priorización de celdas en los buffers de salida de los conmutadores ATM, reduciéndose la sensibilidad a la congestión.

AAL soporta cuatro tipos de servicios: Clases A, B, C y D. Hay cuatro tipos de AAL: AAL1 y AAL2 soportan las clases A y B respectivamente, mientras que las clases C y D están indistintamente soportadas por AAL3/4 ó AAL5. El protocolo AAL5

(SEAL) es una versión más sencilla y eficiente de la AAL 3/4, soportando las clases de servicio C y D para datos de alta velocidad. El nivel AAL realiza funciones de Segmentación y Reensamblado (SAR) para mapear la información de niveles superiores, al campo de Carga Útil de la celda. Otras funciones de AAL son el control y recuperación de la temporización para las clases de servicio A y B, así como la detección y manejo de celdas perdidas o fuera de secuencia.

### Clases de Servicios

Los servicios han sido clasificados de acuerdo con tres criterios (Fig. 2.10):

<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase D</b>	↑ Clases de Servicios ↓ Temporización Relacionada ↓ Tasa de Bit ↓ Modo
<b>Si</b>		<b>No</b>		
<b>Constante</b>	<b>Variable</b>			
<b>Orientado a conexión</b>			<b>Sin conexión</b>	

**Fig. 2.10 Servicios proporcionados por ATM**

La existencia de una temporización relacionada entre los usuarios origen y destino (por ejemplo voz).

La tasa de bit, o velocidad binaria asociada con la transferencia (constante/CBR o variable/VBR).

El modo de conexión (con conexión o sin conexión).

Los servicios en clase A y B están orientados a conexión y existe una temporización relacionada entre los usuarios origen y destino. La diferencia entre las dos clases, es que la clase A proporciona un servicio con tasa de bit constante, mientras que en la clase B la tasa de bit es variable.

Un ejemplo de uso de la clase A, es la transferencia de un flujo constante de bits asociada con una llamada de voz, por ejemplo a 64Kbps (Similar a un canal B en ISDN). La clase A es también conocida, como Emulación de Circuito Conmutado.

Un ejemplo de uso de la clase B, es la transmisión de un flujo de bits variable asociado con vídeo comprimido. Aunque el vídeo produce tramas a velocidad constante, un codec de vídeo produce tramas conteniendo una cantidad variable de datos comprimidos.

Las clases C y D no tienen temporización relacionada entre el origen y el destino. Ambas proporcionan servicios en modo paquete, con velocidad binaria variable entre origen y destino. La clase C está orientada a conexión y la clase D es sin conexión.

### **Comunicaciones de datos sobre ATM - AAL5 (SEAL)**

AAL5 es un protocolo para soportar transmisiones de datos con o sin conexión. Elimina parte de la complejidad y sobrecarga introducida por AAL3/4, proporcionando un nivel de adaptación simple y eficiente para la transmisión de tramas de datos entre dispositivos tales como "Routers", sobre una red ATM.

AAL5 define un formato de trama de longitud variable, así como los procedimientos para segmentar la trama en celdas para su transmisión sobre la red ATM, y el reensamblado en destino.

AAL5, a diferencia de AAL3/4, no permite la multiplexación de mensajes de diferentes usuarios (diferentes SDUs) dentro de un mismo VPI/VCI ya que no contiene el IDentificador de Mensaje (MID), así que requiere un VPI/VCI dedicado.

## **Aplicaciones**

### ***Redes de empresa homogéneas***

ATM puede utilizarse para crear una verdadera red homogénea a través de una gran compañía. ATM puede utilizarse como una red de área local altamente efectiva, como un backbone en un campus, como red de área metropolitana, como red de área extensa, o como una combinación de todas las anteriores. Es concebible que redes de grandes empresas estén basadas principalmente en ATM, con una infraestructura que cubra la empresa entera. Esta red ATM soportaría tráfico multimedia, es decir, todo tipo de tráfico transportado por una red única y homogénea.

### ***Grupos de trabajo virtuales***

Con ATM como núcleo principal de una red de empresa, los usuarios remotos pueden pertenecer al mismo grupo de trabajo, sin notar el impacto de la distancia geográfica mientras se comunican con miembros del mismo grupo. ATM conmuta y transmite las celdas sobre los enlaces de alta velocidad proporcionando una latencia muy baja independientemente de la localización. Las limitaciones físicas de las redes de hoy desaparecen, y la red se convierte en transparente para las aplicaciones remotas.

### ***Desarrollos en colaboración***

Los departamentos de ingeniería de diferentes países pueden trabajar conjuntamente en la especificación de un nuevo diseño, utilizando una aplicación de conferencia para documentación sobre una red ATM. El documento podría ser un sencillo texto, o un documento complejo constando de una combinación de texto, gráficos de alta resolución, anotaciones de voz y un vídeo clip. Los beneficios resultantes incluyen un mejor diseño, aumento de la productividad, y un menor tiempo para su comercialización.

### ***Computación distribuida con uso intensivo de ancho de banda***

Con la difusión de la arquitectura cliente-servidor, y el rápido aumento del número de servidores, se necesita un mayor ancho de banda. Con la escalabilidad de ATM, el ancho de banda de la red se puede incrementar añadiendo puertos de acceso a los conmutadores, o incrementando la velocidad de algunos de los puertos. Cuando los 155 Mbps destinados a un servidor se convierten en un cuello de botella, se puede añadir una interfase de 622 Mbps sin impacto sobre el resto de la red. El beneficio es la protección de la inversión en la infraestructura de red.

### ***Vídeo conferencia de sobremesa multiventana***

Una red ATM proporciona una alta calidad a un coste efectivo en el transporte de múltiples tipos de información. Por ejemplo, un grupo de ejecutivos podría revisar los planes comerciales de un nuevo producto, un equipo de científicos podría revisar los resultados de un nuevo experimento, un equipo de doctores podría diagnosticar a un paciente en una clínica remota. La información podría ser un documento

complejo, un vídeo con movimiento en tiempo real, de un experimento científico, o una combinación de radiografías, cardiogramas e imágenes TAC. Los beneficios serían menos viajes, mejor utilización de los recursos caros (tales como ejecutivos, científicos y doctores), y una comunicación muy superior a la de voz.

### ***Soporte y formación remota***

Un cliente llama, al centro de soporte del vendedor, con un problema. El vendedor inmediatamente obtiene sobre su pantalla la información acerca del cliente, y le transfiere al ingeniero de soporte apropiado para revisar su problema. El cliente envía un vídeo clip con los síntomas del problema, o muestra el problema en tiempo real según está ocurriendo en vídeo en movimiento, junto con los informes de diagnósticos previamente capturados. El suministrador trabaja con el cliente remotamente para resolver el problema en tiempo real. Los beneficios serían una rápida respuesta al cliente, una mejora de las relaciones entre el cliente y el suministrador, y ahorros de gastos para ambos.

### **2.3 INTRODUCCIÓN A CES – CIRCUIT EMULATION SERVICES.**

CES es comúnmente usado para transportar tráfico de voz y video a través de una red ATM. La voz y video, a diferencia del tráfico de datos, son muy sensibles a retardos y varianza de retardos. CES usa circuitos virtuales (VCs) de la categoría de servicio ATM – CBR, el cual garantiza retardos y variación de retardos aceptables. Por lo tanto, satisface los requerimientos tanto del tráfico de voz y video. La primera capa de adaptación ATM (AAL1) especificada por ITU-T.I.363.1 es usada en CES-IWF.

Algunas aplicaciones típicas de CES pueden ser vistas en la Fig. 2.11.:

- **Extensión de redes telefónicas privadas a través de campos múltiples.**



- **Videoconferencia entre múltiples sites.**



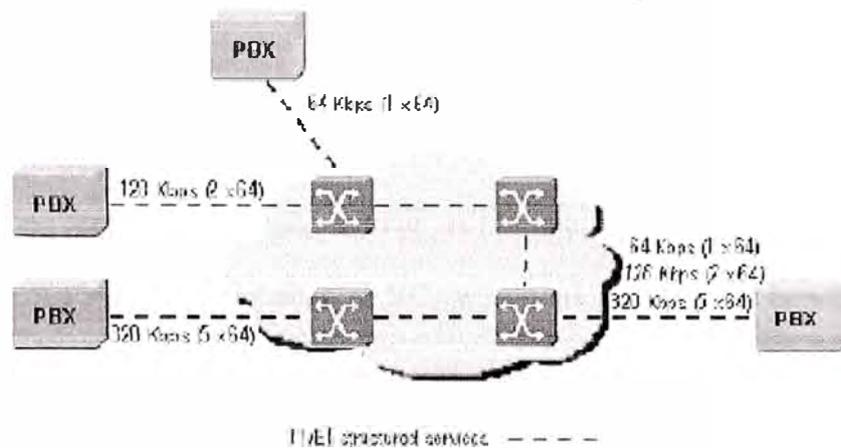
**Fig. 2.11 Aplicaciones del servicio CES**

El Forum ATM define CS-IWF para varios tipos de circuitos TELCO (tales como DS-1, DS-3, E-1, E-3, J-1 y J-3), pero para CES-IWF, los tipos más comunes son el servicio DS-1 y el servicio E-1.

CES-IWF convierte el frame completo DS-n o E-n que llega desde el equipo terminal del cliente (CPE) – tal como una PBX – en celdas ATM AAL1 y los transmite a través de la red ATM usando un único VC. El switch ATM o router en el extremo remoto convierte la celda ATM AAL1 en un frame Ds-n o E-n, el cual es transmitido luego a un dispositivo CPE Ds-n o E-n. Este tipo de CES es llamado CES no estructurado, el cual extiende circuitos E1 Clear Channel (32 canales en total) a través de una red ATM (un único VC).

Adicional a esta funcionalidad básica, CES soporta servicios E1 canalizados dividiendo el circuito E1 en múltiples circuitos Nx64k y transmitiéndolos a través de

diferentes VCs ATM hacia uno o múltiples destinos. Esto permite, por ejemplo, que una sola PBX pueda comunicarse con múltiples PBXs remotas usando un solo puerto E1 dentro de un conjunto de PBXs. Este tipo de ejemplo hub-and-spoke, conocido como CES estructurado, es mostrado en la Fig. 2.12.



**Fig. 2.12 Comunicación de PBXs: Topología Hub-and-Spoke**

### **Tipos de Señalización**

Hay dos tipos de señalización asociados con el E1 y el CES E1: Señalización por canal asociado (CAS) y Señalización por canal común (CCS). CAS es señalización en ó dentro de la banda, mientras que CCS es señalización fuera de banda.

*Obs: Es necesario usar el servicio CES estructurado si se piensa utilizar señalización CAS.*

CES –IWF ordena que la voz sea transmitida como tráfico ATM con calidad de servicio CBR, un método que fuerza al switch ATM a reservar ancho de banda para los circuitos de voz aun cuando no haya tráfico de usuario (voz) a ser enviada. Entonces, cuando no hay comunicación de voz, las celdas AAL1 están aun usando

ancho de banda sobre el enlace ATM enviando datos "NULL". La solución para minimizar las celdas "NULL" en enlaces ATM es no enviar celdas "NULL" si no hay comunicación de voz.

CCS usa el canal entero de cada frame E1 básico para la señalización. Un ejemplo de CCS es el ISDN-PRI, donde un canal entero de 64k (Canal D) es usado para la señalización.

CES puede ser implementado usando PVCs o soft PVCs. PVC requiere configuración manual en cada switch ATM de la nube; el soft PVC envía señalización ATM para establecer el VC, y la configuración de la VC es requerida únicamente sobre un switch ATM. Otra ventaja del soft PVC es que el VC puede ser reenrutado en caso de falla del enlace.

Por otro lado, los PVCs son más estables debido a que ellos no dependen de componentes dinámicos, como la señalización ATM. Si una red ATM tiene switches ATM que no soportan señalización ATM, PVCs son la única opción. Es muy importante notar que el reloj (clocking) es de significativa importancia para CES, puesto que se debe utilizar dentro de la red el mismo tipo de reloj tanto para la transmisión como para la recepción de los datos.

### **Tipos de CES**

Los servicios CES pueden ser diferenciados en 02 maneras: Síncronos vs Asíncronos, y Estructurados vs No estructurados.

Síncronos vs. Asíncronos:

El servicio síncrono asume que relojes sincronizados están disponibles para cada terminal. Por lo tanto, ninguna información del reloj es transportado en la celda ATM. La propagación de la fuente de reloj a través de toda la red es requerida.

El servicio asíncrono envía información del reloj dentro de las celdas ATM hacia el terminal remoto del circuito. La Información de reloj enviada dentro de celda ATM es llamada “Synchronous Residual Time Stamp (SRTS)”. Su valor es especificado usando cuatro bits y es enviada por ocho celdas usando un bit en la cabecera AAL1 para cada celda numerada de secuencia impar. El reloj de referencia debe aun ser propagada a través de la red.

#### Estructurado vs. No Estructurado:

Servicio No estructurado (también llamado “clear channel”) utiliza el ancho de banda total E1, (significa que hay un único canal). El switch ATM no mira dentro del E1, sino simplemente reproduce un flujo de bits con reloj desde el puerto receptor hacia el puerto destino.

Servicio Estructurado (también llamado E1 Canalizado o Cross-conect) es diseñado para emular conexiones fraccionales E1 (Nx64k) punto a punto. Esto permite romper o dividir al E1 en múltiples canales DS-0 hacia diferentes destinos. Más de una entidad de circuito (AAL1) compartirá la misma interfase E1 física. Para proveer este servicio, AAL1 es capaz de delinear repetitivos bloques de datos de tamaño fijo (el tamaño del bloque es el número integral de octetos, donde un octeto representa un canal de 64k).

Para un bloque de tamaño mayor al de un octeto, el AAL1 usa un mecanismo señalador para indicar el comienzo del bloque de la estructura. Un bit indicador de la subcapa de convergencia (CSI) en la cabecera AAL1 ajustado a 1 indica servicio estructurado, mientras que un bit CSI de 0 indica servicio no estructurado. Entonces, si CSI=1, el señalador que identifica el comienzo de la estructura es insertado en el campo CSI de las celdas numerados como pares. Usando este señalador, el switch receptor conocerá como convertir las celdas AAL1 en el E1 fraccional apropiado.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO IPL – INTERNATIONAL PRIVATE LINE**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN.**

Las líneas Privadas Internacionales (IPL) son servicios de conexión punto a punto dedicados y privados, dirigidos a compañías multinacionales que buscan interconectar sus sedes centrales con sus sedes subsidiarias en el extranjero. Estos servicios se encuentran muy bien adaptados para el intercambio de altas cantidades de tráfico de datos, voz y video o imagen.

Los servicios IPL son reconocidos en la industria como una tecnología madura. Como un hecho tenemos que los servicios internacionales más dominantes dentro de la región latinoamericana son IPL's, seguidos de lejos por el servicio frame relay internacional (IFR), el cual ingreso hizo su ingreso al mercado en el año de 1997.

Es importante remarcar que en la actualidad existe una gran cantidad de empresas multinacionales americanas (U.S.) que requieren servicios IPL entre la región U.S. y la región de Latinoamérica. Otros segmentos tales como las multinacionales regionales no pueden afrontar estos servicios altamente costosos, y han optado por

alternativas más baratas, como los enlaces frame relay internacionales. Esto se vuelve especialmente crítico cuando ambos terminales del servicio se encuentran localizados dentro de la región LA, debido a que los precios de los TA's (Administraciones Telecom) regionales son usualmente costosos.

Esta situación sufrirá un cambio debido a un incremento en el nivel de competencia y liberalización de servicios en la región latinoamericana, así como también debido a los nuevos cables que vendrán en el corto tiempo. Se espera que los precios caigan tan pronto como nuevos cables, Global Crossing entre ellos, estén disponibles en cada país.

Actualmente, los servicios IPL son comercializados mayormente dentro de una base bilateral en la región latinoamericana. Esto significa que cada TA es responsable de adquirir el medio circuito internacional (fibra o satélite), una vez que se ha acordado con otro TA para proveer los servicios IPL juntos. En ese caso, ambos TA's son llamados corresponsales.

El objetivo del servicio será preferentemente las multinacionales que necesiten un circuito internacional confidencial y confiable con un rendimiento sobresaliente para enlazar sus sites en la región, o hacia US, o para conectar uno de los sites de la región latinoamericana hacia el backbone de internet de los U.S. a través de un enlace privado end-to-end.

**¿Cuál es el servicio IPL a describir?**

El servicio estándar IPL planteado proveerá capacidad de comunicación digital totalmente administrado desde velocidades múltiples de 64 Kbps hasta los 2.048 Mbps, las 24 horas, los 365 días al año, dedicado exclusivamente a cada cliente.

El servicio IPL es un servicio de tasa fija, distribuido por servicios de transporte SDH o ATM. Los servicios SDH serán usados dentro de la región y para la última milla en USA, mientras que CES ATM será usado en el acceso local en los países de la región LA.

### **¿Por qué adquirir un Servicio IPL?**

Para muchas Corporaciones Multinacionales (MNCs), las líneas privadas sirven como el backbone para su red de comunicación de datos internacional. Ellos necesitan grandes anchos de banda para conectarse a sus locaciones fuera de U.S. o para conectarse al Internet. Típicamente, los servicios IPL son más efectivos en costos cuando son usados para aplicaciones que necesiten conectividad en tiempo real hacia locaciones específicas.

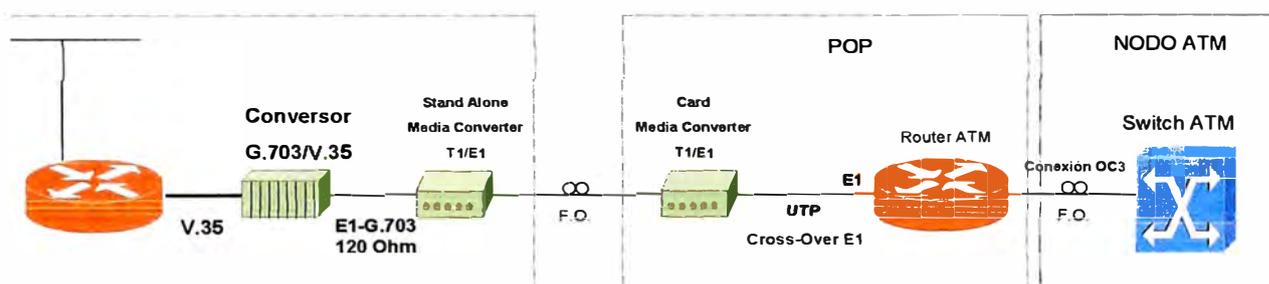
El servicio IPL tiende a ser el servicio internacional más popular debido a su cobertura global y capacidades de soporte, así como también a su estructura de precios efectivos en costo comparados a otros servicios de altas velocidades.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO.**

El circuito IPL consta básicamente de tres partes principales: la Última Milla, el Backbone ATM y la interconexión a la Red Internacional.

### Ultima Milla del enlace IPL

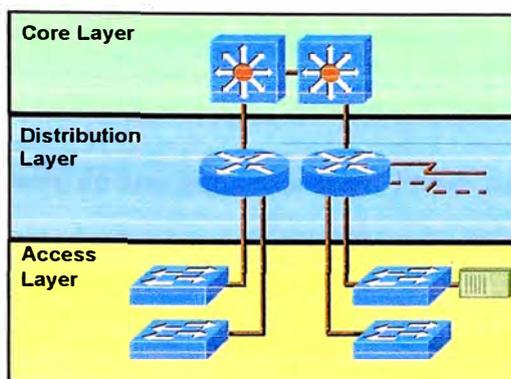
La última milla está referida al tipo de medio físico usado para interconectar la red ATM o backbone con el equipo del cliente (CPE). En este caso la planta externa estará basada en fibra óptica y se usarán en los puntos extremos equipos capaces de convertir señal eléctrica en señal óptica. Las interfaces eléctricas usadas son E1, nxE1, mientras que dentro de los tipos de conectores ópticos tenemos SC, ST o FC. En el lado del CPE se entregan conectores E1 estándar (RJ-45; BNC ó V.35 si fuese necesario). Para este último caso utilizaremos un conversor de interfaces adicional (se recomienda el Conversor FCD E1/V.35 del fabricante RAD Communications).



**Fig. 3.1 Diagrama de la Última Milla**

### Backbone ATM

Para simplificar el diseño, implementación y administración de las redes, muchas compañías utilizan un modelo jerárquico para describir una red. Es importante entender el modelo ya que nos permite conocer que tipo de características y equipamiento es requerido por cada dispositivo en la red.



**Fig. 3.2 Capas de una Red Backbone**

Para construir apropiadamente una red que pueda ver y direccionar los requerimientos de los patrones de tráfico (usuarios), se usa un modelo jerárquico de tres capas, organizado tal como se muestra en la Fig. 3.2.

#### ***Capa de Acceso:***

El acceso es el punto en el cual los usuarios son conectados a la red. Los usuarios y los recursos a los que ellos necesitan acceder mayormente están disponibles localmente. El tráfico hacia y desde los recursos locales es utilizado sólo entre los recursos, switches y los usuarios terminales.

En muchas redes, no es posible proveer a los usuarios con un acceso local a todos los servicios, tales como impresoras, dispositivos de almacenamiento de archivos centralizados, acceso dial a la Web. En estos casos, el tráfico del usuario es dirigido a la siguiente capa en la jerarquía llamada capa de distribución.

***Capa de Distribución:***

Esta capa marca el punto intermedio entre la capa de acceso (concentra a los usuarios) y la capa de core (transporta los datos). La función primordial de esta capa es ejecutar la manipulación de los paquetes tales como ruteo, filtro y políticas de acceso a la WAN.

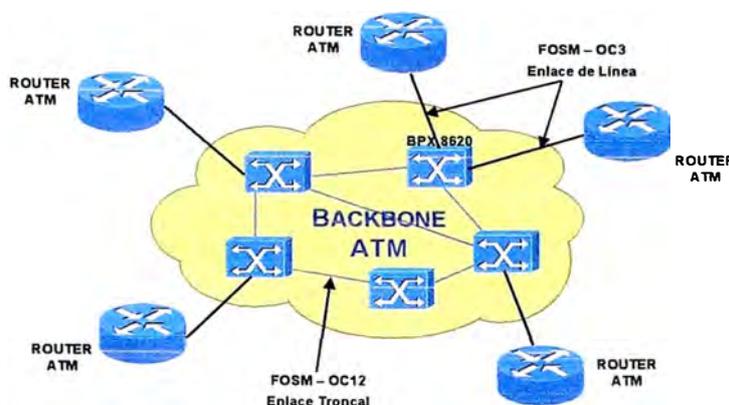
Esta capa puede ser resumida como la capa que provee conectividad basada en políticas, debido a que determina como los paquetes pueden acceder al core o backbone. La capa de core entonces transporta en forma rápida los datos usando las instrucciones recibidas desde la capa de distribución.

La red de distribución en este caso está compuesta por los POPs (Puntos de Presencia) cada uno equipado por routers con capacidades de soportar enlaces de línea OC-3 y conexiones E1-CES. Las conexiones hacia los nodos del backbone será a través de fibra óptica monomodo por medio de interfaces OC-3.

***Capa de Core o Backbone:***

En este nivel no se aplica ningún tratamiento a los datos, el backbone estará en un cien por ciento dedicado al transporte de los datos a través de la red.

El core está compuesto por un conjunto de switches ATM (llamados Nodos) conectados en forma de anillo. Cada switch ATM se conecta hacia otro switch utilizando enlaces troncales OC-12; la conexión física es utilizando fibra óptica monomodo tal como se muestra en la Fig. 3.3.

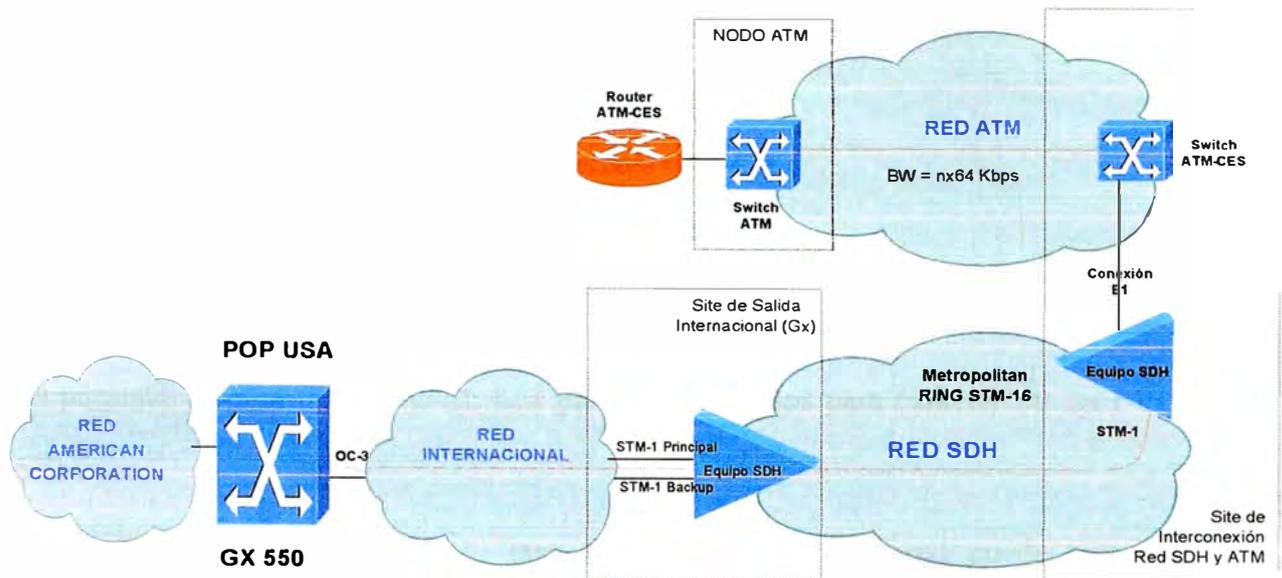


**Fig. 3.3 Diagrama Topológico de un Backbone ATM**

### **Red Internacional**

La red internacional en este caso es una red que ha sido construida utilizando la tecnología SDH orientada netamente al transporte de los datos. Existe un switch o nodo ATM que se conecta a la red internacional llamado POP Internacional. En este caso se realiza a través de un equipo SDH con capacidades de transmisión STM-16; STM-4; STM-1; DS3 y E1s.

La red SDH es una red netamente de transporte el cual trabaja en capa 1 a nivel de bits y por lo tanto no deberían presentarse problemas cuando los circuitos E1 (emulados sobre la red ATM a nivel local) son interconectados hacia el equipo SDH y conectados por ende a la Red Internacional. A continuación mostramos gráficamente como se realiza este proceso de interconexión:



**Fig. 3.4 Diagrama General de la Red Internacional**

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO.

El servicio IPL presenta las siguientes características:

- ATM Forum UNI versión 3.1;
- Puertos E1, nxE1;
- Clase de Servicio CBR;
- PVCs ATM punto a punto;
- Rango flexible de anchos de banda de las PVCs;

#### **Permanent Virtual Connection (PVC) ATM**

El backbone ATM transporta las celdas ATM sobre conexiones virtuales permanentes (PVCs) bajo un esquema punto a punto. Provee una secuencia

preservando el servicio orientada a conexión junto con los parámetros de ancho de banda y los objetivos de calidad de servicio (QoS).

### **Parámetros del Tráfico**

El backbone ATM usa las definiciones de conformidad del ATM Forum referente a los parámetros para tráfico ATM. Los parámetros usados para caracterizar las PVCs ATM son:

- *Peak Cell Rate (PCR)* – tasa máxima a la cual la red puede transferir información a través de una PVC.
- *Sustainable Cell Rate (SCR)* – tasa máxima promedio al cual la ráfaga de tráfico puede ser enviada.
- *Maximum Burst Size (MBS)* – el número máximo de celdas que pueden ser transmitidas continuamente en la tasa pico.
- *Cell Delay Variation Tolerance (CDVT)* – la cantidad de celdas “clumping” que pueden ser aceptadas sobre el tráfico entrante a la red ATM.

### **Clases de Servicio**

El servicio IPL utiliza la siguiente clase de servicio:

Constant Bit Rate (CBR)

La *clase de servicio CBR* es apropiada para aplicaciones que requieren características de emulación de circuitos (baja pérdida de celdas, bajo retardo de celdas y baja variación del retardo de las celdas) tales como tráfico de voz y video en tiempo real o tráfico de datos requiriendo un retardo limitado.

Las PVC CBR usan el parámetro PCR para determinar el tamaño de la PVC y por ende la tasa de transferencia máxima de información. Un rango de opciones para el PCR es soportado.

### Opciones de la PVC

El rango de tamaños de la PVC y su disponibilidad es resumido en la Tabla 3.1:

CBR – Rango PCR	Opción de PVC
256Kbps a 30Mbps	SCR=PCR

**Tabla 3.1**

### Características del Circuito de Acceso

Las especificaciones técnicas de los puertos de acceso provistos para el servicio son presentadas en la Tabla 3.2:

#### *Puertos de Acceso E1/nxE1:*

Características	Valores Soportados
Interfase Eléctrica	G703 con Código de Línea HDB3
Framing Soportado	Framing G703/G704
Señalización soportado	Modo CCS y modo CAS
Velocidades Soportadas (Kbps)	Hasta 2048
Soporte CRC-4	CRC-4 soportado
Impedancia soportado	75Ω o 120 Ω (por defecto)
Conectores Soportados	RJ45, BNC o V.35
Reloj	El reloj de transmisión será provisto desde el backbone ATM, el cual está sincronizado con una fuente de reloj PTT o un equipo estación de reloj.

**Tabla 3.2**

### Anchos de Banda Soportados

Las velocidades típicas a implementar serán desde 64 Kbps hasta los 2 Mbps tal como se muestra en la Tabla 3.3:

Tipo de Acceso	Descripción	Velocidad
E1 Canalizado	Posibilita a los negocios beneficiarse de una red común de servicios digitales compartidos por un gran número de usuarios para que soliciten y paguen únicamente por el ancho de banda que consideren necesario para sus aplicaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 64 Kbps</li> <li>▪ 128 Kbps</li> <li>▪ 192 Kbps</li> <li>▪ 256 Kbps</li> <li>▪ 512 Kbps</li> <li>▪ 768 Kbps</li> <li>▪ 1.024 Kbps</li> <li>▪ 1.536 Kbps</li> </ul>
E1	Una solución económica para usuarios de líneas privadas con alto volumen de tráfico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2.048 Mbps</li> </ul>

**Tabla 3.3**

### **Tipos de PVC**

Únicamente los canales virtuales PVC con ancho de banda simétrico son soportados.

Notar sin embargo que actualmente el backbone ATM en este caso particular no puede soportar “full VCI transparency” debido a las limitaciones de los equipos.

### **Valores VPI/VCI**

El rango de los valores VPI y VCI soportados en el ATM UNI es mostrado en la Tabla 3.4. Hasta 127 conexiones (VC) pueden ser soportados en cada puerto ATM UNI.

	Rango de VPI soportado	Rango de VPI soportado
Conexiones VP	De 1 a 255	De 40 a 4095
Conexiones VC	De 1 a 255	De 40 a 4095

**Tabla 3.4**

### **Capacidad de Recuperación de la PVC**

Todos las PVCs ATM están equipados para proveer recuperación a través de la capa ATM reenrutandose ante un evento de falla en la troncal o fallas en la red de acceso.

El backbone esta diseñado para proveer opciones de rutas de troncal entre cada nodo del core y esta dimensionado para hacer frente a las fallas de una o más de estas rutas. La red de acceso, dentro de la red metropolitana ATM, esta diseñada para proveer redundancia de anillo. Las rutas PVCs son típicamente restauradas dentro de los tres minutos.

### **CPE Homologado**

El servicio IPL esta dimensionado para que el cliente pueda adquirir el CPE por cuenta propia o en todo caso este sea provisto por su proveedor de servicios. Bajo cualquier modalidad el cliente debería tener capacidad de realizar procesos de gestión y manejo del equipo (CPE). Por otro lado se debe tener presente que la responsabilidad de las configuraciones y del soporte sobre el CPE debe ser realizada por el vendedor del equipo. La característica principal para la definición del CPE es la interfase soportada (E1 en este caso) y los recursos de procesamiento manejados por el equipo de acuerdo al ancho de banda solicitado.

La Tabla 3.5 muestra un resumen de los equipos recomendados para el servicio los cuales son provistos por el fabricante numero uno en el mundo del “networking” Cisco Systems S.A.

	<b>IP routing</b>	<b>FW</b>	<b>Voice</b>	<b>10/100</b>	<b>1 Eth</b>	<b>2 Eth</b>	<b>ATM</b>	<b>Serial</b>
Cisco 1005	X				X			X
Cisco 1600	X	X			X			X
Cisco 2500	X	X		X	X			X
Cisco 2611	X	X	X			X		X
Cisco 2621	X	X	X	X		X		X
Cisco 3600	X	X	X	X		X	X	X

Cisco 4000	X		X	X	X	X	X
Cisco 7000	X	X	X	X	X	X	X

**Tabla 3.5 CPE's certificados y probados para el uso de aplicaciones**

### Parámetros de los Circuitos PL Internacional y Local

Los principales parámetros para los circuitos PL Internacional y los PL Locales son listados en la tabla 3.6:

	<b>International PL</b>	<b>PL Locales</b>
<b>Tasa de Acceso</b>	De 64 Kbps a Nx64 (N≤ 30)(**)	De 64 Kbps a Nx64 (N≤30)
<b>Transporte</b>	SDH	Circuito Emulado sobre ATM
<b>Interfase Física</b>	V.35, V.36, G.703, etc. (*)	V.35, V.36, G.703, etc. (*)
<b>Protocolo</b>	Transparente a protocolos	Transparente a protocolos

**Tabla 3.6**

(\*) It is necessary to specify the interface type: V.35, V.36, G703, etc.

(\*\*) It is necessary to confirm and validate CPE and Interfaces for rates above E1.

### Líneas Privadas basadas en Circuit Emulation

Utilizando las bondades de un backbone ATM se pueden emular canales clear channel. Las ventajas de esta alternativa son:

- Circuit emulation combina la eficiencia de la conmutación de paquetes con la garantía del ancho de banda pico requerido para comunicaciones en tiempos óptimos.
- Fácil migración a servicios ATM debido a que la ultima milla esta basada en fibra.

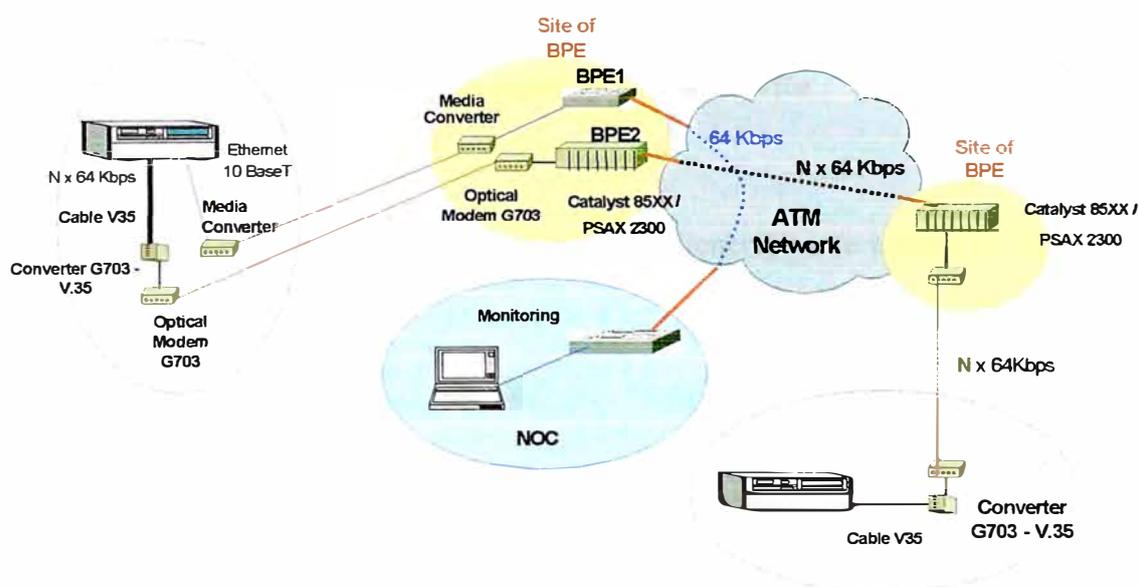
El servicio de emulación de circuitos (CES) permite que circuitos DS-1/DS-3 y E-1/E-3 sean transparentemente extendidos a través de una red ATM usando una tasa de bit constante (CBR) en los circuitos virtuales permanentes ATM (PVCs), o soft

PVCs. Es típicamente implementado sobre switches ATM, pero puede ser implementado sobre dispositivos de borde ATM (tales como los routers).

Adicional a la emulación del circuito, la red implementada ofrece soporte de funciones de red típicas tales como segmentación, multiplexacion, y restauración de los servicios para todos los circuitos de servicios conmutados. La característica del servicio incluirá que el servicio IPL soporte funciones tales como monitoreo de la red, alarmas en el rendimiento y mantenimiento, redundancia y soporte de loop-back.

### Opciones de Monitoreo

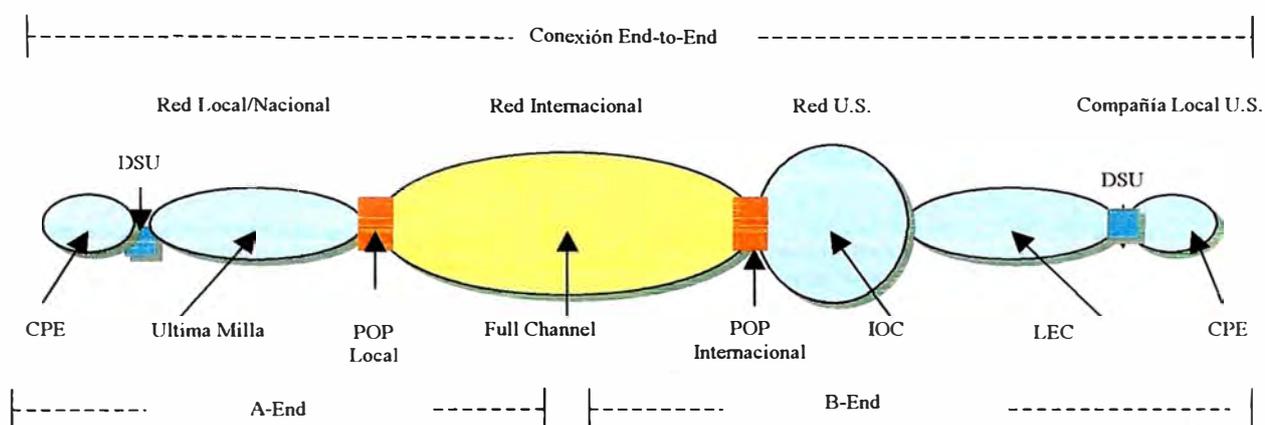
El monitoreo está disponible para el acceso local dentro de cada región o país. El monitoreo es un servicio opcional y es provisto desde el DSU en la red del cliente. Para disponer del servicio se requiere que los clientes posean un circuito de acceso dedicado con el proveedor de servicio local correspondiente.



**Fig. 3.5 Ejemplo de un Monitoreo Dedicado**

### 3.4 ESQUEMA TOPOLÓGICO DEL ENLACE

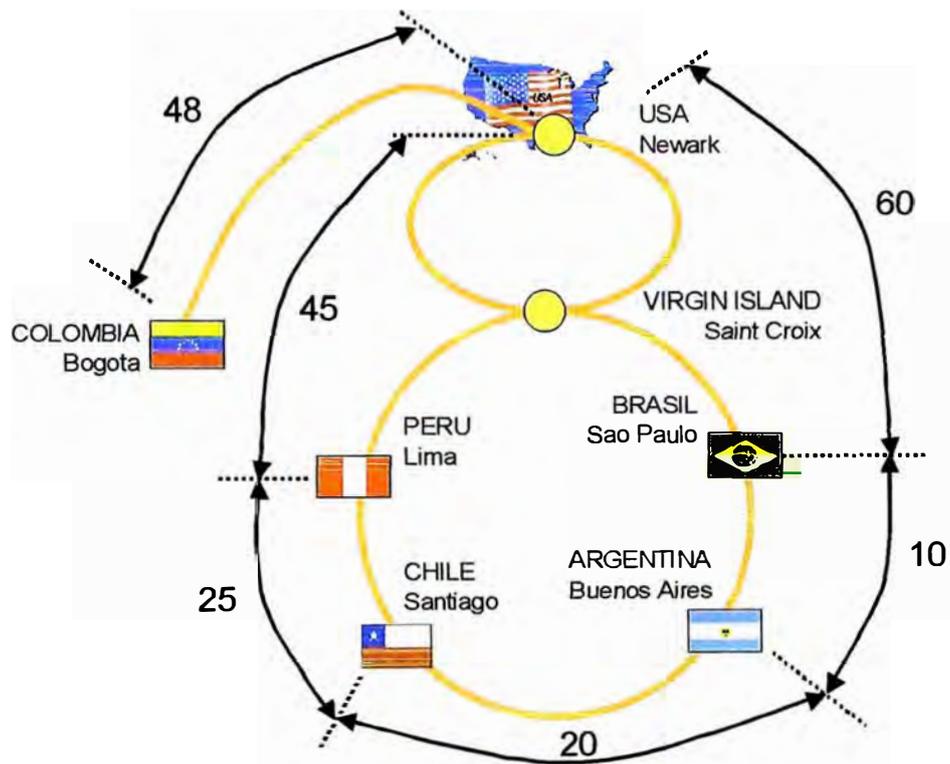
En el gráfico 3.6 se observa el diagrama topológico del circuito Internacional, en el cual se puede apreciar que el circuito consta básicamente de dos “Enlaces Locales”, uno por el lado de Perú y otro por el lado de U.S.A.; siendo ambas interconectadas a través de la Red Internacional.



**Fig. 3.6 International IPL Service**

La Red Internacional mostrada en la figura 3.7, generalmente adopta la topología de anillo por una cuestión de redundancia, la cual brinda mayor seguridad, estabilidad y un excelente servicio en las conexiones que provee. En este caso tomaremos como ejemplo una Red Internacional compuesta por dos anillos y una conexión estrella; un primer anillo regional formado por los países de Perú, Chile, Argentina y Brasil, con un punto de bypass en la Isla Saint Croix (forma parte de las Islas Vírgenes); un segundo anillo formado por los nodos de Newark (U.S.A.) y Saint Croix; y el país de

Colombia quien por la tecnología utilizada en su red local adoptará una conexión en estrella directamente al nodo de Newark (U.S.A.).



**Fig. 3.7 Red Internacional**

## CAPÍTULO IV

### APLICACIONES DEL SERVICIO IPL

Actualmente se cuenta con varios proveedores activos que ofrecen los servicios de Líneas Privadas Internacionales (IPL's), presentando cada uno de ellos sus fortalezas y debilidades dentro del mercado. Entre los principales podemos destacar:

- Telefónica / Emergia
- Global Crossing
- Embratel / Worldcom
- Equant / Globalone

Telefónica / Emergia: [www.telefonica.es](http://www.telefonica.es)

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
1. Cuenta con la base de clientes más grande del mercado (cerca de 30 millones en clientes residenciales y corporativos en L.A.)	1. Una pobre imagen de Telefónica se ha visto reflejado sobre Emergia.
2. El control vigente de los loops locales en las áreas metropolitanas más grandes de la región	2. Los afiliados no tienen ofertas completas. La confusión generada por la convergencia

asegura que aún mantendrá una parte significativa de los ingresos del mercado telco corporativo para un futuro previsible.	tecnológica ha exacerbado de lejos la dificultad de integrar importantes funciones back-office.
--	---

**Tabla 4.1**

Global Crossing: [www.globalcrossing.com](http://www.globalcrossing.com)

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
1. Amplia cobertura global end-to-end: Más de 200 ciudades on net y 27 países on net.	1. Situación financiera crítica, sin solución tangible y cercana a la vista.
2. Es propietario de la infraestructura de fibra local de un extenso recorrido: cerca de 100,000 millas de ruta y 17 redes metro.	2. Experiencia limitada y sus logros en servir una base de clientes de venta al por menor.

**Tabla 4.2**

WorldCom / Embratel: [www.worldcom.com](http://www.worldcom.com) / [www.embratel.com.br](http://www.embratel.com.br)

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
1. La compañía posee una capacidad significativa sobre la mayoría de los sistemas de cable submarino más grandes de la región, además tiene 16 estaciones terrestres satelitales ubicadas L.A.	1. Sus mayores inversiones directas son únicamente en México (Avantel) y en Brasil (Embratel).
2. Su éxito de gran influencia en el mercado americano para posicionarse como un “Super Carrier” Global.	2. Las dificultades de fusiones rápidas se reflejan en el servicio, problemas back-office (Caso de Brasil).

**Tabla 4.3**

Equant / Globalone: [www.equant.com](http://www.equant.com)

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
1. Equant tiene la red comercial de datos más grande del mundo en términos de cobertura geográfica, su red es completa y se extiende sobre 220 países y territorios.	1. Debido a la fusión con France Telecom y Global One, está afrontando los mismos obstáculos que otras empresas conjuntas y alianzas internacionales.
	2. Los servicios de Equant son valorados a una prima. En muchos casos, tiende a ser 15% o más por arriba de los competidores más cercanos.

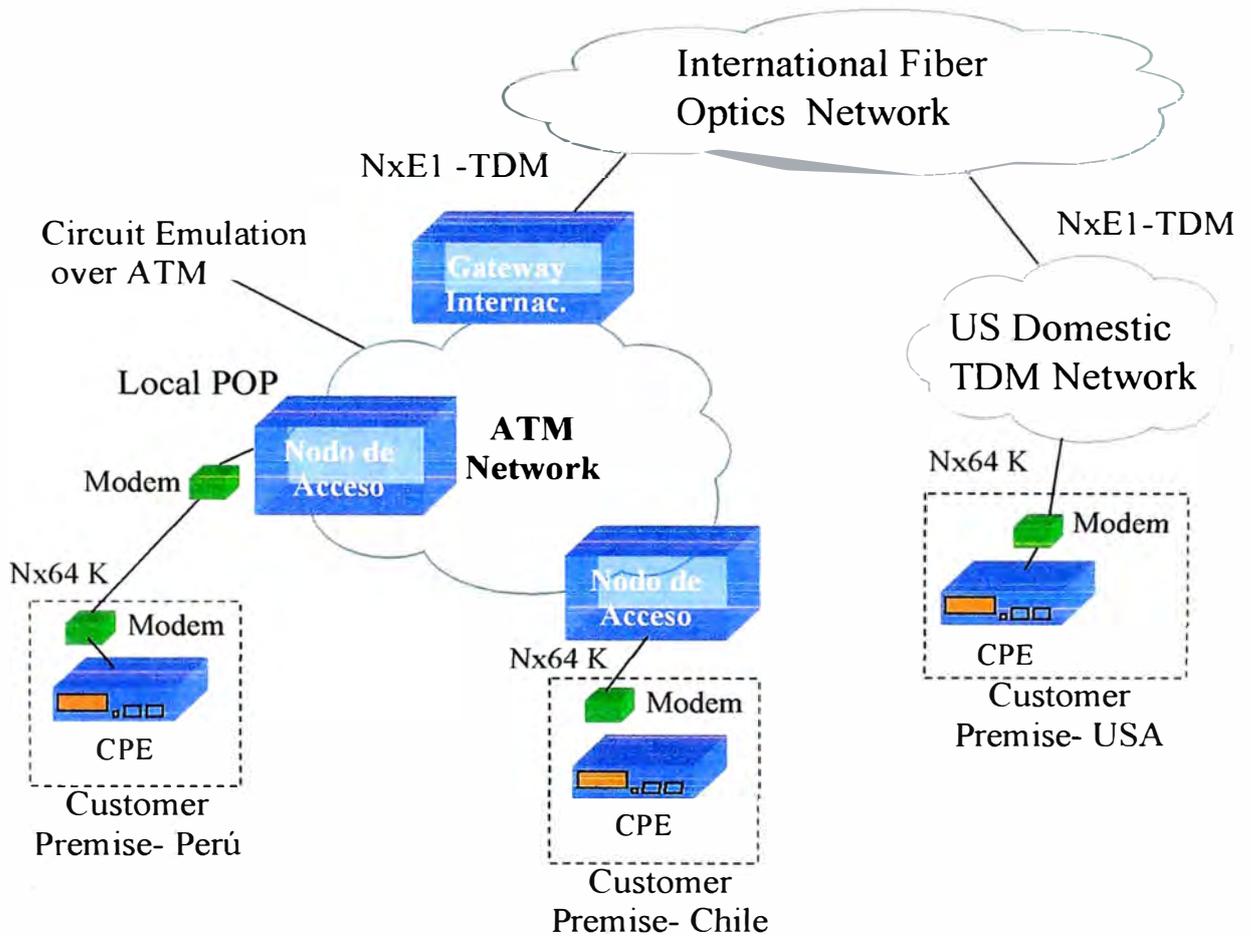
**Tabla 4.4**

Los enlaces IPL son usados en diversas maneras de acuerdo a las necesidades de cada empresa, pero entre las aplicaciones principales que podemos encontrar tenemos:

#### **4.1 Backbone de una red de datos internacional**

Muchas de las líneas privadas internacionales son usadas como backbone por las empresas multinacionales para un transporte rápido, seguro y confiable de los datos. A través de ellos se pueden enviar datos codificados en múltiples protocolos destinados a una diversidad de servicios tales como, interconexión de servidores para replicación de la información (datos), generación de llamadas internas desde un país de la región latinoamericana hacia USA a costo cero (voz) y la realización de videoconferencias en tiempo real (video).

En la figura 4.1 podemos apreciar un ejemplo de una red de datos de una empresa multinacional, el cual forma su backbone principal con ayuda de los circuitos IPL implementados entre sus sedes de Perú, Chile y U.S. utilizando la topología punto a punto.



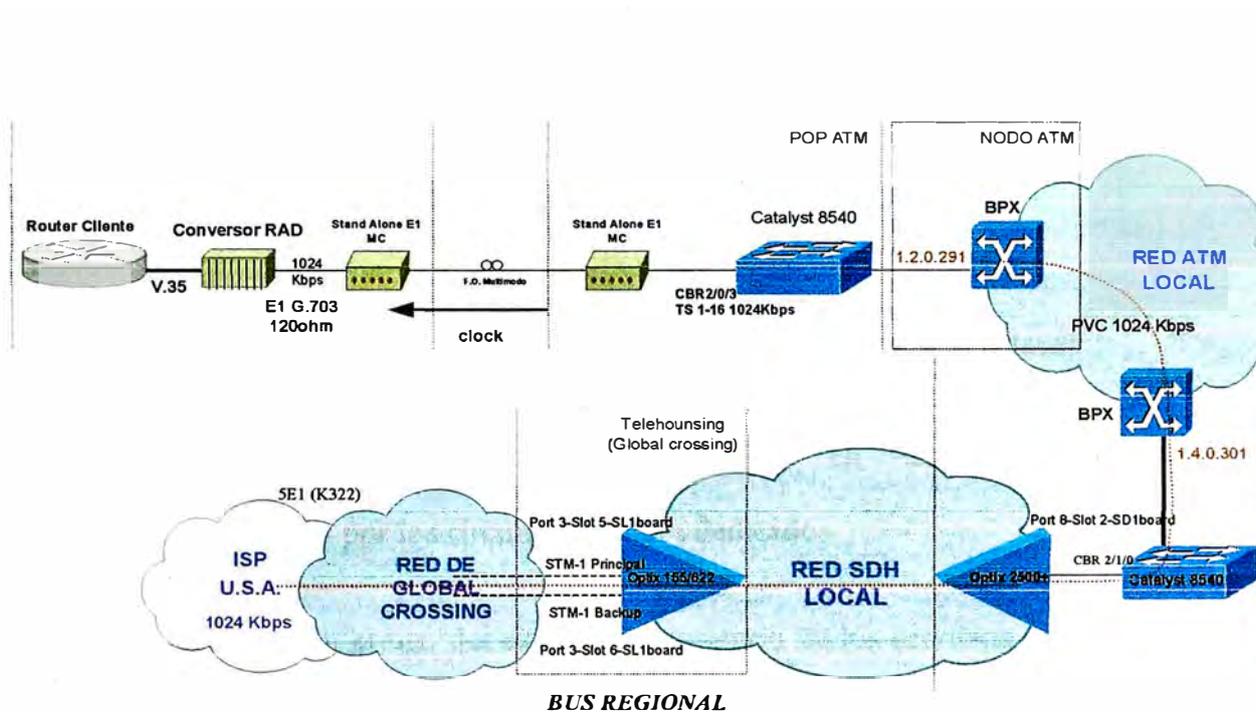
**Fig. 4.1 Backbone de una empresa multinacional.**

#### 4.2 Conexión a Internet

Actualmente muchas empresas proveedoras del servicio de Internet (ISP's) tienen conexión hacia el backbone de Internet U.S. a través de enlaces satelitales los cuales genera retardos inherentes al medio de transmisión. Utilizar un enlace IPL para este

tipo de conexiones trae consigo una serie de ventajas en el servicio como por ejemplo reducción considerable en los tiempos de retardos; mayor capacidad en la velocidad de transmisión para futuros crecimientos y un ahorro de costos efectivo debido a que el ancho de banda es determinado por la empresa ISP de acuerdo a las necesidades del negocio.

En la figura 4.2 se puede observar un claro ejemplo sobre la conexión de una empresa local hacia un ISP Internacional ubicado en U.S.:



**Fig. 4.2 Conexión de una empresa local a un ISP Internacional.**

### 4.3 Aplicaciones que agregan valor

Las líneas internacionales privadas permiten aplicaciones corporativas diversas que exigen plena utilización de la velocidad contratada y cuyo tiempo de retardo es un factor crítico:

- Soporte a sistemas corporativos de gestión integrada para intercambio electrónico de documentos. (EDI)
- Interconexión de redes y Main Frames.
- Implantación de correo electrónico.
- Interconexión de centrales telefónicas (PABX).
- Transmisión de señales codificadas de imagen para aplicaciones en telemedicina, videoconferencias, entre otras aplicaciones.

#### **4.4 Muchas ventajas a su alcance**

Entre las numerosas ventajas de las líneas internacionales privadas se destacan:

- Alta calidad, disponibilidad y seguridad en las comunicaciones proporcionadas por los circuitos digitales dedicados.
- Exclusividad en el uso del circuito, al contrario de los servicios conmutados, lo que confiere mayor rapidez a las comunicaciones.
- Integración de diferentes aplicaciones en un mismo canal
- Punto único de facturación y contacto, a fin de centralizar la operación de la IPL en un solo lugar y ofrecer mayor comodidad y conveniencia a los usuarios.

## CONCLUSIONES

1. ATM, con su núcleo de conmutación de celdas, es la tecnología global de red dominante desde la década de los 90 en adelante. Es igualmente adecuada para entornos de LAN y WAN, para aplicaciones de voz, datos, imagen y vídeo, para redes públicas y privadas.
2. A diferencia de otras tecnologías utilizadas en el mundo de hoy, ATM puede manejar tráfico isócrono y tráfico en ráfagas y proporcionar la Calidad de Servicio (QoS) solicitada. Combina los beneficios de la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos, reservando ancho de banda bajo demanda de una manera eficaz y de costo efectivo, a la vez que garantiza ancho de banda y calidad de servicio para aquellas aplicaciones sensibles a retardos.
3. La infraestructura del enlace basado en las tecnologías ATM y SDH le permite alcanzar los mayores niveles en rendimiento y costo efectivo, logrando transmitir tráfico de datos, voz y video a altas velocidades, con la confiabilidad y calidad de servicio garantizados. El medio físico utilizado es

la fibra óptica en un cien por ciento, lo cual reduce considerablemente el tiempo de respuesta del enlace y hace posible la escalabilidad y fácil migración hacia tecnologías de última generación.

4. En la actualidad las instituciones financieras, entidades gubernamentales, empresas multifuncionales, empresas multinacionales o proveedores de Internet encontraron en los enlaces privados internacionales la solución ideal para la construcción de sus redes privadas de comunicación.
5. La principal ventaja ofrecida por este tipo de enlaces radica en la utilización de la primera capa del modelo OSI (capa física) para el transporte de los datos; otorgando al servicio independencia de los tipos de protocolos a manejar en los aplicativos de conexión end-to-end.
6. Como una apreciación final a modo personal puedo manifestar que, en la actualidad las diversas empresas que operan en el mercado basan el diseño de sus redes en cuatro puntos importantes los cuales son cobertura, escalabilidad, multimedia y eficiencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Ronald W. McCarty Jr., “Cisco Quick WAN Start”, Cisco Press 2001 West 103<sup>rd</sup> Street Indianapolis, IN 46290 USA.
- [2]. © 1998 Unitronics Comunicaciones, S.A., “ATM – Orígenes y Fundamentos”.
- [3]. Laura Chappell, Editor, “ICND – Introduction to Cisco Router Configuration”, Macmillan Technical Publishing 2002.
- [4]. Scott Keagy, “Integrating Voice and Data Networks”, Cisco Press; 1st edition (October 2000).
- [5]. Colin Smythe, “Internetworking: Designing the Right Architectures (Data Communications and Networks)”, Publisher: Addison-Wesley Pub Co; 1st edition (March 1995).
- [6]. “E1 Physical Interface Specification”, ATM Forum – af-phy-0064.000.
- [7]. J. Scott Marcus, “Designing Wide Area Networks and Internetworks: A Practical Guide”, Addison Wesley Professional Copyright: 1999.
- [8]. “FRF8.1 – Frame Relay / ATM PVC Service Interworking”, Frame Relay Forum.
- [9]. “CCIE Fundamentals: Network Design and Case Studies, Second Edition (Certification)”, Cisco Press; 2nd edition (October 19, 1999).
- [10]. AT&T L.A. IPL Services, “Technical Service Description-Version 4.0”, March 2002.
- [11]. AT&T L.A. IPL Services, “Marketing Service Description-Version 3.0”, January 2001.
- [12]. AT&T L.A. ATM Services, “Technical Service Description-Version 4.0”, March 2002.

- [13]. AT&T L.A. ATM Services, "Marketing Service Description-Version 4.0", April 2001.
- [14]. <http://www.tmforum.org/>
- [15]. <http://www.cisco.com/>
- [16]. <http://www.informatica.cl/>