

DISEÑO DE UNA RED PÚBLICA ATM PARA GUAYAQUIL

Autores: Juan José Laínez Bolaños¹
Jaime Lozada Loza²
Nel Mejía Vera³
Wilson Orellana Jiménez⁴
José Escalante⁵

¹Ingeniero Eléctrico especialización Electrónica 1998.

²Ingeniero Eléctrico especialización Electrónica 1998.

³Ingeniero Eléctrico especialización Electrónica 1998.

⁴Ingeniero Eléctrico especialización Electrónica 1998.

⁵Director de Tópico, Ingeniero Eléctrico especialización Electrónica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996.

RESUMEN

Este trabajo tiene como enfoque principal el de establecer las bases para una posible implementación de una red pública ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) para la ciudad de Guayaquil. Aunque la red telefónica de la ciudad trabaja actualmente con el esquema PDH (Jerarquía Digital Plesiocrónica), en donde las centrales telefónicas funcionan con sincronismo independiente, existe un estudio previo que pone de manifiesto la necesidad de cambiar este viejo esquema y reemplazarlo por la actual tecnología SDH (Jerarquía Digital Síncrona), en donde la sincronización de las centrales telefónicas trabaja con el esquema Maestro/Esclavo. Dicha red serviría como una autopista para la transmisión de la información telefónica y de todas las aplicaciones multimedia con variedad de calidad de servicio que proveen las redes ATM.

INTRODUCCION

ATM es una tecnología de conmutación que utiliza a SDH como medio de transporte físico. El estudio de la red ATM para Guayaquil partirá con la premisa de que ya existe una red SDH en la ciudad. Esto facilitará el diseño, puesto que no será necesario considerar todo el tendido de fibra óptica entre centrales telefónicas y al mismo tiempo se pretende aprovechar eficientemente la infraestructura que servirá como soporte para la futura red.

Este artículo empieza haciendo una breve descripción de las tecnologías ATM y SDH, para luego considerar el diseño de la red pública ATM para Guayaquil.

FUNDAMENTOS ATM Y SDH

El Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) es una técnica de multiplexación de celdas de longitud fija desde una variedad de fuentes hasta una variedad de localizaciones remotas. ATM es capaz de transmitir datos en un amplio rango de velocidades (Tales como E1, T1, DS3, etc.) pero su usual aplicación es para portar datos sobre fibra óptica a velocidades elevadas (100 – 1000 Mbps.). Así mismo, es capaz de manejar datos de una amplia variedad de fuentes (Ejemplo: voz, vídeo y

datos) usando una simple interface y puede multiplexar un número de conexiones sobre esa interface.

ATM es un protocolo orientado a conexión. Las conexiones son establecidas entre usuarios del servicio ATM, si es que están enlazados a la red ATM (Ejemplo: mediante una estación de trabajo con una tarjeta de interface ATM) o si es que forman parte de ésta (Ejemplo: mediante un proceso de establecimiento de llamada corriendo en un switch ATM). Las conexiones pueden ser conmutadas, semipermanentes o permanentes. Para las conexiones conmutadas se requieren de procedimientos de señalización. Estos procedimientos de señalización corresponden a los de realizar una conexión telefónica. Las conexiones semipermanentes y permanentes son establecidas a través de procedimientos administrativos.

El servicio ATM en redes de área amplia funciona o corre a través de una portadora SDH (Otros medios pueden ser utilizados en redes de área local). Las portadoras SDH que más se utilizan en redes ATM son la STM-4 (Modo de transferencia sincrónica de nivel 4 – 622 Mbps.) y la STM-1 (Modo de transferencia de nivel 1 – 155 Mbps.)

Cada conexión ATM opera en una cierta calidad de servicio. Una particular calidad de servicio se caracteriza por parámetros tales como pérdida de celdas y variación de retardo de celda. La calidad de servicio se negocia entre el usuario y la red cuando una conexión se establece. ATM opera sobre una base de que celdas con errores o en casos de congestión ciertas celdas pueden ser eliminadas. Así, es responsabilidad de los protocolos de capas superiores indicar las celdas que están perdidas y si es requerido disponer la retransmisión de las celdas perdidas. Una secuencia de celdas en una conexión ATM será recibida en el mismo orden que es transmitida, por lo que ATM garantiza que las celdas no llegarán desordenadas.

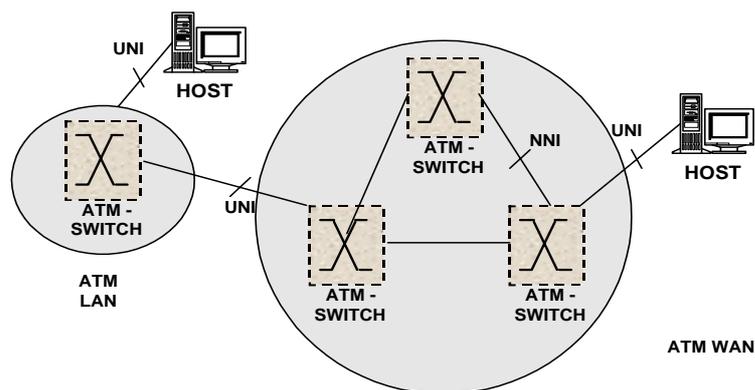


Figura 1. Estructura de una red ATM pública

La figura 1 muestra una red ATM simplificada. Los servicios de red son provistos por switches ATM dentro de la red. En una red de área local ATM, el switch ATM actuará como un HUB de la red. Los Host's son enlazados a la red ATM con una interface UNI (User-Network Interface). Los switches ATM son interconectados en la red a través de interfaces NNI (Network Node Interface). Se pueden necesitar

dos tipos de interfaces NNI como se muestra en la figura 1. Una para la interconexión de switches ATM dentro de la red pública y otra para enlazar los switches ATM de red de área local a la red pública.

Cabecera 5 octetos	Datos 48 octetos
-----------------------	---------------------

Figura 2. Estructura de celda ATM

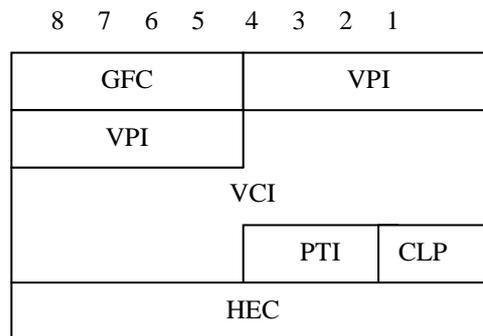


Figura 3. Cabecera ATM

CELDA ATM

ATM transfiere datos en unidades de longitud fija denominadas celdas. Una celda ATM tiene una longitud de 53 octetos – 5 octetos para información de cabecera y los restantes 48 para datos. Si la información no requiere la totalidad de 48 octetos, se utiliza entonces un relleno de bytes. El tamaño de 48 bytes representa un compromiso entre la demanda de tráfico de voz para rápido acceso a la red y la demanda de tráfico de datos para grandes unidades de datos. La figura 2 muestra la estructura de una celda ATM y la figura 3 muestra la estructura de la cabecera ATM.

GFC: Control de flujo genérico. 4 bits. Usado por mecanismos de control de flujo en la UNI. Estos mecanismos aún no han sido determinados.

VPI: Identificador de ruta virtual. 8 bits. Usado para direccionar las celdas dentro de una red ATM.

VCI: Identificador de canal virtual. 16 bits. Usado para direccionar celdas dentro de una red ATM.

PTI: Identificador de tipo de información. 3 bits. Identifica el tipo de dato que está siendo portado por la celda.

CLP: Prioridad de pérdida de celdas. 1 bit. Si este bit es establecido en 1, la celda tiene la más baja prioridad y puede ser descartada cuando la red esté congestionada. Si es establecida en 0, la celda tiene la más alta prioridad y es menos susceptible a una eliminación.

HEC: Corrección de error de cabecera. 8 bits. Generado e insertado por la capa física. Sirve como un chequea de la suma de los primeros cuatro octetos de la cabecera ATM. Este puede corregir errores de bit simples y detectar múltiples errores de bit.

VPI y VCI

Las conexiones ATM se realizan por medio de identificadores de conexión, los que se asignan a cada usuario conectado a la red ATM. VPI (Virtual Path Identifier) y VCI (Virtual Channel Identifier) son los identificadores que se encuentran en la cabecera de la celda. Los dos valores juntos constituyen el identificador de circuito virtual. Estos valores se asignan al usuario cada vez que este realiza una sesión con la red o cuando un usuario se conecta a través de un circuito virtual permanente o PVC. Los valores VPI y VCI son examinados por los conmutadores para determinar la ruta que deberá seguir la celda en la red. Estos valores son similares a los identificadores de conexión de enlace de datos DLCI's (Data Link Connection Identifiers) usados en redes Frame Relay y los números de canal lógico LCN's usados en redes X.25.

Los servicios ATM vienen como circuitos virtuales permanentes PVC o como circuitos virtuales conmutados SVC. En algunas especificaciones ATM el término SVC no se usa, en su lugar se adopta el término "conexión sobre demanda".

CAPA DE ADAPTACION ATM

En orden para portar unidades de datos mayores de 48 octetos en las celdas ATM, una capa de adaptación es necesitada. La capa de adaptación ATM (ATM Adaptation Layer – AAL) provee la segmentación y el reensamblamiento de las unidades de datos de las capas superiores y para la detección de errores en la transmisión.

Debido a que la capa ATM simplemente porta las celdas sin importar su contenido, se requiere de diferentes capas AAL's para que puedan ser utilizados a través de una interface de red simple. Los puntos finales de cada conexión deben acordar que capa AAL va a utilizar.

Cinco AAL's han sido aceptados por la CCITT. Ellos les denominan AAL 1 – AAL 5. AAL 1 es utilizado para los servicios de tasa de bits constantes. AAL2 es utilizado para servicios con tasas de bit variables que requieren de relaciones de tiempo entre la fuente y el destino (Ejemplo: audio o vídeo). AAL3 fue originalmente para servicios de tasa de bit variables orientados a conexión sin una relación de tiempo requerida; esta ha evolucionado en AAL – 4. AAL 3 / 4 y 5 son para servicios sin conexión.

JERARQUIA DIGITAL SINCRONICA (SDH)

La Jerarquía Digital Sincrónica es una interface de transmisión óptica utilizada para proveer una especificación que tome ventaja de la capacidad de transmisión digital de alta velocidad de la fibra óptica.

JERARQUIA DEL SISTEMA

SDH ha sido mapeado en una jerarquía de cuatro capas:

- **Fotónica:** Esta es la capa física, la cual incluye la especificación del tipo de fibra que puede ser usada y detalles tales como características de dispersión y potencia mínima de los transmisores láseres y la sensibilidad requerida por los receptores.
- **Sección:** Esta capa crea la trama básica SDH, convierte la señal electrónica a una señal fotónica, y posee además capacidades de monitoreo. Una sección es el bloque de construcción básico y representa un simple camino de cable óptico entre dos transmisores/receptores ópticos.
- **Línea:** Esta capa es la responsable de la sincronización, multiplexión de datos en la trama SDH, las funciones de operación y mantenimiento, y conmutación. Una línea es una secuencia de una o más secciones tal que la señal interna o estructura del canal de la señal permanece constante. Puntos finales o intermedios tales como switches o multiplexores pueden insertar o extraer canales que terminan una línea.
- **Ruta:** Esta capa es la responsable para el transporte de datos de lado a lado a una velocidad de señalización apropiada. Una ruta conecta los terminales finales. Los datos son ensamblados al inicio de la ruta y no son accedidos o modificados hasta que ellos son desensamblados en el término de la ruta.

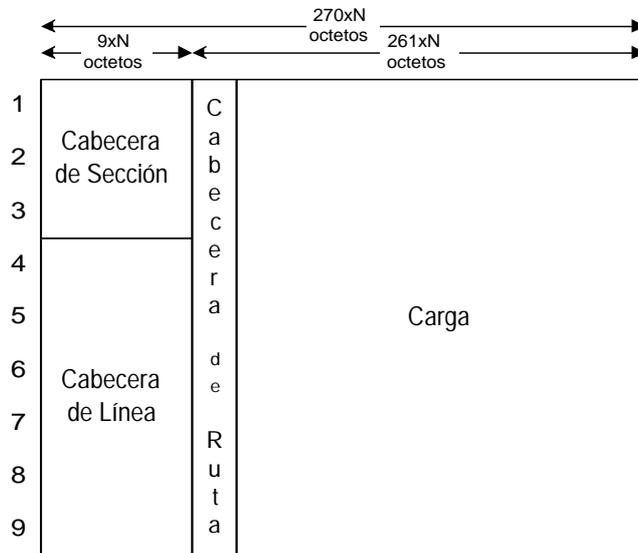


Figura 4. Estructura de trama STM-N

JERARQUIA DE SEÑAL

La especificación SDH define una jerarquía de tasas de datos digitales estandarizadas. Dichas tasas de datos son denominadas STM-N.

Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de cabeceras de sección, línea y trayectoria, organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 μ s. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El STM básico se define a 155.520 Kb/s. Se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica (Figura 4). Se han definido capacidades de STM para N=1, N=4 y N=16; están en estudio valores superiores. En la tabla I se observa los diferentes niveles de señales STM-N con sus velocidades y cargas útiles de información respectivas.

Tabla I. Jerarquía de Señal Sincrónica

Designación ITU-T	Tasa de datos (Mbps.)	Tasa de información (Mbps.)
STM-1	155.52	150.336
STM-4	622.08	601.344
STM-8	1244.16	1202.688
STM-16	2488.32	2405.376

TOPOLOGIA SDH

En una topología SDH típica múltiples tipos de redes, tales como FDDI, 802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring) y sistemas de transporte digitales (tales como DS1 y E1) pueden ser enlazados a la red mediante una multiplexión que consta de dos etapas (Figura 5):

- Un adaptador terminal de servicios, utilizado para empaquetar señales entrantes tales como E1, T1 y otro tipo de señales (Celdas ATM) dentro de la envolvente de información sincrónica de la trama SDH, o
- Un multiplexor de inserción/extracción (Add-Drop Multiplexer-ADM), que combina eficientemente el tráfico de diferentes localizaciones y lo integra en un solo enlace. Este multiplexa varios flujos STM-N por los canales de fibra. El término "inserción/extracción" significa que el dispositivo puede insertar carga o extraer carga de en uno de los dos canales de fibra, dejando pasar el tráfico directamente a través del multiplexor sin necesidad de procesos adicionales.

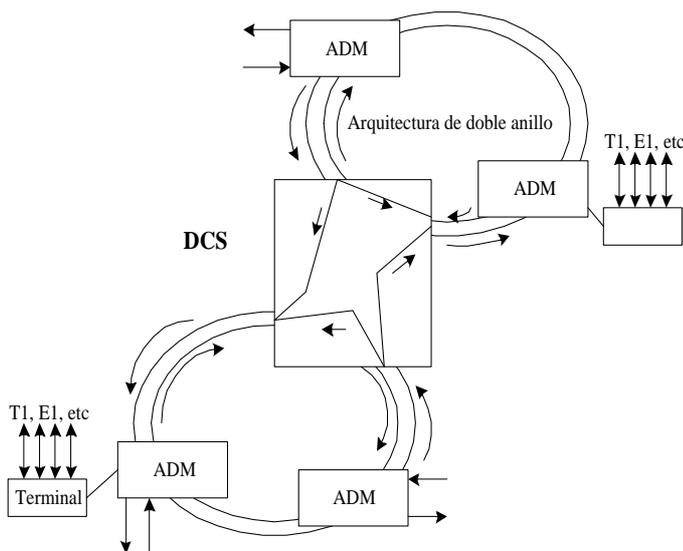


Figura 5. Topología SDH

En una topología SDH el dispositivo DCS (Digital Cross Connect) generalmente se añade como un hub en la red SDH, no solo inserta y extrae carga sino que también puede operar a diferentes velocidades de portadora, tales como DS1, OC-N, E1, tanto como hacer una conexión cruzada entre ellas. Este dispositivo reúne y separa diferente tipos de tráfico ya que las operaciones de conexión cruzada se ejecutan en el hardware y el software y no por equipos adicionales.

Los sistemas de transconexión digital (DCS) son utilizados para transconectar diferentes contenedores virtuales (Figura 5). Uno de sus principales trabajos es procesar el transporte de señales con sus respectivas cabeceras de trayectorias y mapear varios tipos de tributarios o contenedores virtuales a otros, puesto que

realiza la conmutación al nivel de contenedores virtuales, y estos contenedores no son accesibles a demultiplexación. Además puede diferenciar tráfico de ancho de banda alto de tráfico de ancho de banda bajo y enviar éstos a diferentes puertos.

Los DCS proveen un punto central para integrar y consolidar la información del usuario. Realiza la conmutación al nivel tributario, y estos tributarios no son accesibles a menos que se los demultiplexe.

La topología puede ser configurada como un sistema en anillo o como punto a punto, en el primer caso se configura un anillo dual que opera con dos fibras, esta estructura permite que la red pueda recobrase automáticamente en caso de alguna falla en los canales o en las interfaces.

CELDAS ATM EN PAQUETES SDH

La figura 6 muestra que la celda ATM puede ser introducida en el paquete SDH, la cabecera SDH contiene un byte denominado "byte H4", que se usa para apuntar el principio de la primera celda ATM en la carga. El byte H4 contiene la posición de la celda inicial ATM, la posición puede variar de 0 a 52 y adicionalmente a la operación del puntero de localizar celdas, el receptor ATM puede también buscar y encontrar las celdas chequeando la secuencia de 5 octetos y determinar si el quinto octeto computa con el control de error de la cabecera HEC. El receptor continúa chequeando secuencias de 5 octetos hasta que computa un HEC válido. Esto significa que el receptor ha encontrado una celda y que después de algunos otros chequeos, el receptor permite sincronizarse con las celdas.

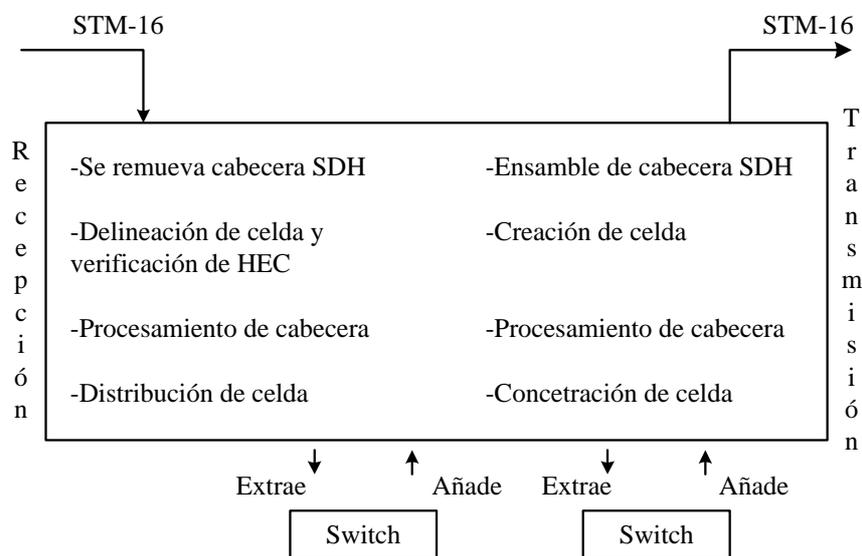


Figura 6. Interacción entre ATM y SDH

El ADM se utiliza para insertar y extraer información en varias localizaciones de una red. Por lo tanto, un ADM debe poder extraer las celdas ATM de la trama SDH entrante y dejarlas en el nodo local, además deberá poder insertar las celdas ATM

Guayaquil (el diseño de una red SDH para Guayaquil fue tema de un tópico anterior). Un diseño previo de una red SDH para Guayaquil se llevó a cabo con el propósito de transportar tráfico de voz, la figura 7 muestra el diseño de la red SDH para Guayaquil. Ya que ATM está en capacidad de procesar cualquier tipo de tráfico (voz, datos, vídeo) entonces se presentó la necesidad de conocer la capacidad de la red SDH para soportar las aplicaciones que pueden correr con ATM. El ancho de banda de la red SDH debería de ser lo suficientemente grande para transportar la información contenida en las celdas ATM junto con el uso del servicio telefónico que se transportaría por la red SDH y al mismo tiempo dejar capacidad suficiente para que este servicio telefónico pueda crecer.

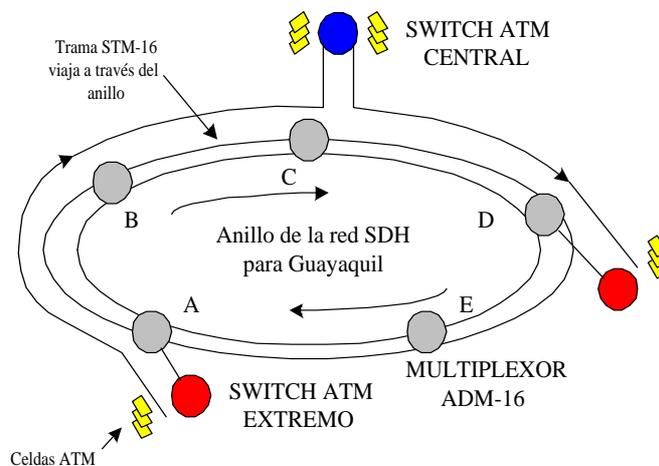


Figura 8. ATM sobre la futura red SDH de Guayaquil

La figura 8 muestra como la información proveniente de switches ATM se podría transportar a través de la red SDH. La central A, a través de un switch ATM extremo conectado a un multiplexor ADM-16, podría enviar información (celdas ATM) a la central D. Esta trama llegaría a la central telefónica donde estaría ubicado un switch ATM central, que se encargará de enrutar las celdas ATM hacia otro anillo o mantenerlas sobre el mismo anillo donde se encuentre el switch ATM extremo destino.

Los anillos de la red SDH trabajarán a una velocidad de 2.488 Mbps, esta velocidad corresponde a una trama STM-16. Cada anillo porta distinta cantidad de tráfico de voz expresado en términos de MICS. El número máximo de MICS que podría soportar cada anillo es de 1.215. Una señal STM-1 (155,52 Mbps) ocupa un espacio de 76 MICS y una señal STM-4 (622,08 Mbps) ocupa un ancho de banda equivalente a 304 MICS.

La inserción de celdas ATM se hará a través de una trama STM-N (donde N=1 ó 4) que se introducirá en un multiplexor de inserción extracción ADM-16 como indica la figura 9. Este colocará las celdas provenientes del switch ATM, en la trama STM-16 (2.488 Mbps) que viajará a través del anillo

Conociendo los valores de ancho de banda utilizado en número de MICS que soporta cada uno de los anillos de la futura red SDH para Guayaquil y dejando un ancho de banda de guarda equivalente a 250 MICS (para evitar que la red se sature), se puede observar de la tabla II que solamente dentro de los anillos de recolección se podría transportar la información ATM a una velocidad de 155,52 Mbps.

Tabla II. Capacidad STM-1, STM-4 de los anillos de la futura red SDH para Guayaquil

Anillo	Tráfico del anillo (MICS)	Ancho de Banda sobrante (MICS)	Banda de Guardia (MICS)	Cantidad de tramas STM-1 (MICS)	Cantidad de tramas STM-4 (MICS)
Central	927	288	250	0	0
Norte	645	570	250	4	1
Sur	497	718	250	6	1
Oeste	494	721	250	6	1
Este	604	611	250	4	1

El anillo central de la red SDH no dispondría de suficiente ancho de banda para la incorporación de la red ATM con sus distintas aplicaciones que demandarían mucho de este ancho de banda.

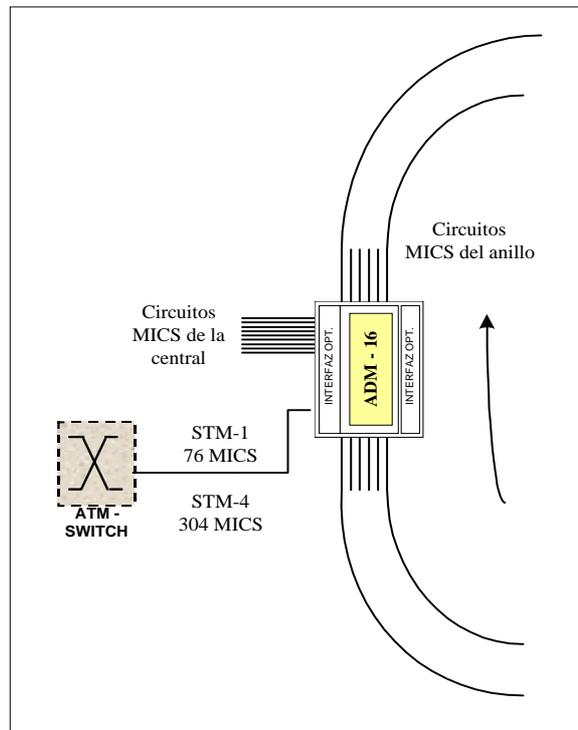


Figura 9. Inserción de celdas ATM dentro de la red SDH

BACKBONE ATM

Ante la indisponibilidad de la red SDH, se utilizará una segunda alternativa que consiste en establecer enlaces directos entre los switches centrales ATM, dando como resultado un backbone ATM. Este backbone ATM serviría como centro de conexión y conmutación de la información proveniente de los nodos extremos pertenecientes a distintos anillos SDH o entre nodos extremos pertenecientes a un mismo anillo SDH; es decir que el nivel de interconexión entre anillos de la red SDH ya no se utilizará para transportar celdas ATM, solo se utilizarán los anillos SDH para la recolección de la información que pasará por el backbone.

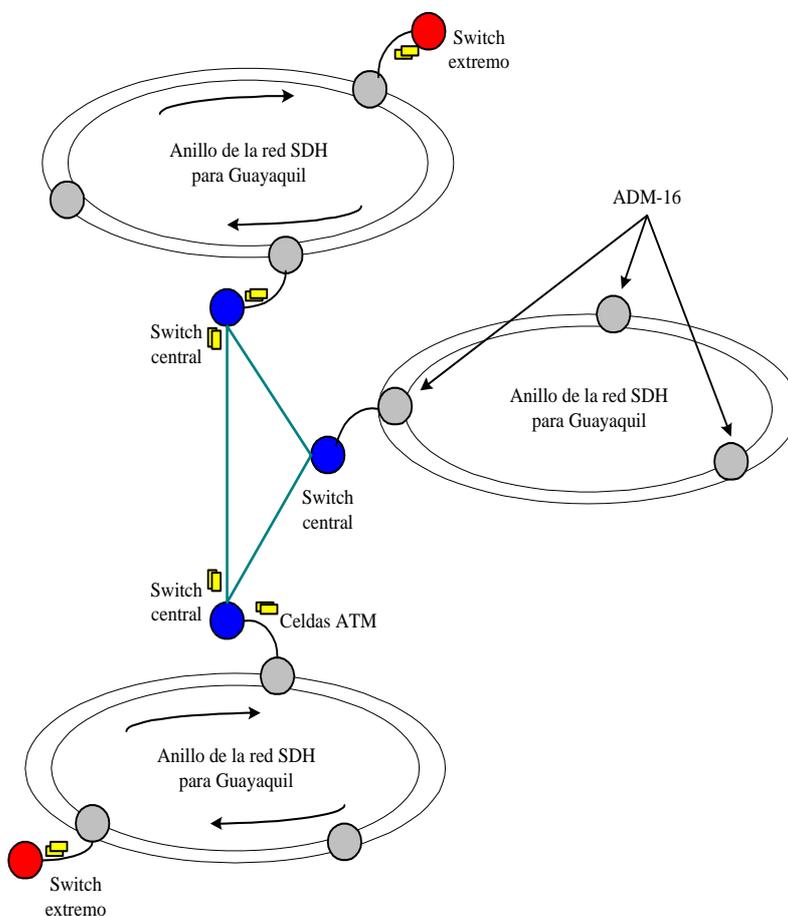


Figura 10. Conexión entre nodos extremos de diferentes anillos a través de la red central ATM

Cualquier nodo extremo fuente que necesite enviar información a un nodo extremo destino en otro anillo, deberá hacer llegar sus celdas a través de un nodo central ubicado en el mismo anillo como se ve en la figura 10. Como no se puede utilizar el anillo de interconexión central SDH, se establecerá entonces rutas directas entre switches ATM a los que estarán conectados lógicamente los nodos extremos, es decir la red ATM para Guayaquil, únicamente utilizaría los anillos de recolección de la red SDH para portar la información ATM proveniente de cualquier nodo extremo incluido dentro de los anillos de recolección; los nodos centrales

permitirán el establecimiento de conexiones a través de enlaces directos entre nodos centrales que se encuentren en anillos diferentes.

DESCRIPCION DE LA RED PUBLICA ATM PARA GUAYAQUIL

El diseño de la red pública ATM para Guayaquil establece 7 enlaces STM-1 (155,52 Mbps) y 7 enlaces STM-4 (622,08 Mbps). Los enlaces STM-1 se extienden entre los nodos extremos y el backbone. Mientras que las conexiones entre los switches ATM en el backbone se establecerán con enlaces STM-4.

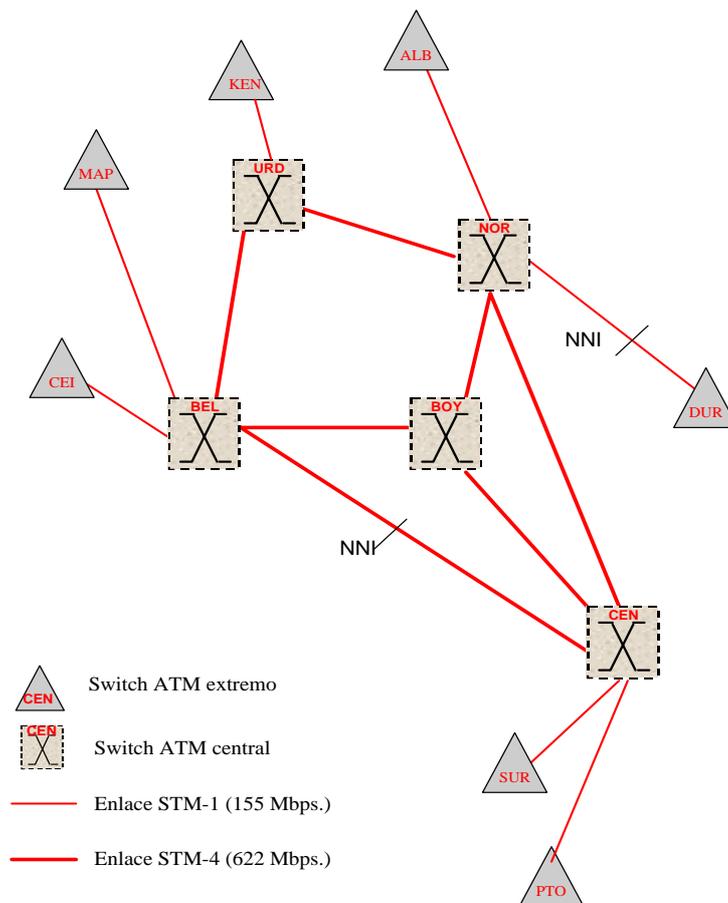


Figura 11. Topología de la red ATM pública para Guayaquil

Las centrales SDH Norte, Boyacá, Urdesa, Bellavista y Centro han sido escogidas como nodos centrales para la red pública ATM; mientras que se han escogido como nodos extremos a las centrales: Alborada, Duran, Ceibos, Mapasingue, Puerto Nuevo y Sur. Adicionalmente se determinó colocar como nodo extremo a una unidad remota: Kennedy Norte, para proveer el servicio de la red ATM a este sector de gran desarrollo comercial y empresarial.

En la figura 11 se observa la apariencia lógica de la red y su relación con las rutas virtuales permanentes establecidas entre los nodos centrales y extremos.

Adicionalmente, se disponen de doce nodos: cinco nodos de conmutación o centrales y siete nodos de acceso a la red o extremos. Los nodos en el backbone central están interconectados a través de interfaces NNI públicas; así mismo los nodos extremos utilizan una interface NNI pública para conectarse a los nodos centrales.

El diseño no contempla la utilización del anillo central de la futura red SDH para Guayaquil, ya que el tráfico de voz que soportaría este anillo quedaría saturado si se incluye una señal adicional ATM de velocidad STM-4 (Ver tabla II) en la trama STM-16 (2.5 Gbps) que viajaría alrededor del anillo central. Por lo tanto, fue necesario realizar conexiones directas a una velocidad STM-4 (622.08 Mbps) entre los nodos SDH que se determinaron se convertirían en nodos centrales del diseño de la red ATM pública para Guayaquil.

CONEXION EN MALLA DE LOS NODOS CENTRALES ATM

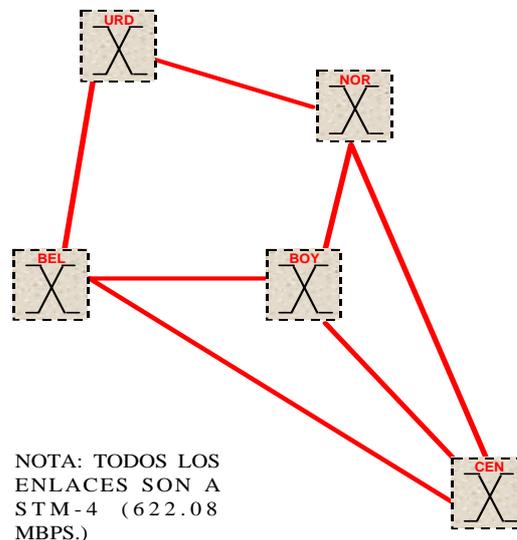


Figura 12. Conexión en malla entre nodos centrales ATM

Los nodos SDH que pasarían a convertirse en nodos centrales de la red ATM para Guayaquil son los siguientes:

- NODO CENTRAL ATM CENTRO (CEN).
- NODO CENTRAL ATM NORTE (NOR).
- NODO CENTRAL ATM URDESA (URD).
- NODO CENTRAL ATM BELLAVISTA (BEL).
- NODO CENTRAL ATM BOYACA (BOY).

Los nodos centrales ATM Urdesa, Bellavista, Boyacá, Norte y Centro, se comunicarán directamente como se muestra en la figura 12. Aquí se observa como la disposición del tendido de fibra óptica permitiría una conexión directa en malla entre los diferentes nodos centrales. Esta disposición en malla permite establecer

caminos alternos de enrutamiento en caso de que alguna conexión llegara a fallar, brindando mayor protección al backbone público ATM de Guayaquil.

DESCRIPCION DE NODOS EXTREMOS ATM

Los nodos extremos ATM se utilizarán para proveer de acceso a los usuarios finales a la red pública ATM. Estos nodos se escogieron siguiendo criterios parecidos a los de nodos centrales ATM, con la diferencia de que el mayor peso en la decisión de escoger a los nodos extremos se basó en la ubicación de éstos dentro de sectores altamente comerciales, empresariales e industriales. Los nodos escogidos como extremos ATM son los siguientes:

- NODO EXTREMO ATM CEIBOS (CEI)
- NODO EXTREMO ATM MAPASINGUE (MAP)
- NODO EXTREMO ATM ALBORADA (ALB)
- NODO EXTREMO ATM DURAN (DUR)
- NODO EXTREMO ATM SUR (SUR)
- NODO EXTREMO ATM PUERTO NUEVO (PTO)
- NODO EXTREMO ATM KENNEDY NORTE (KEN)

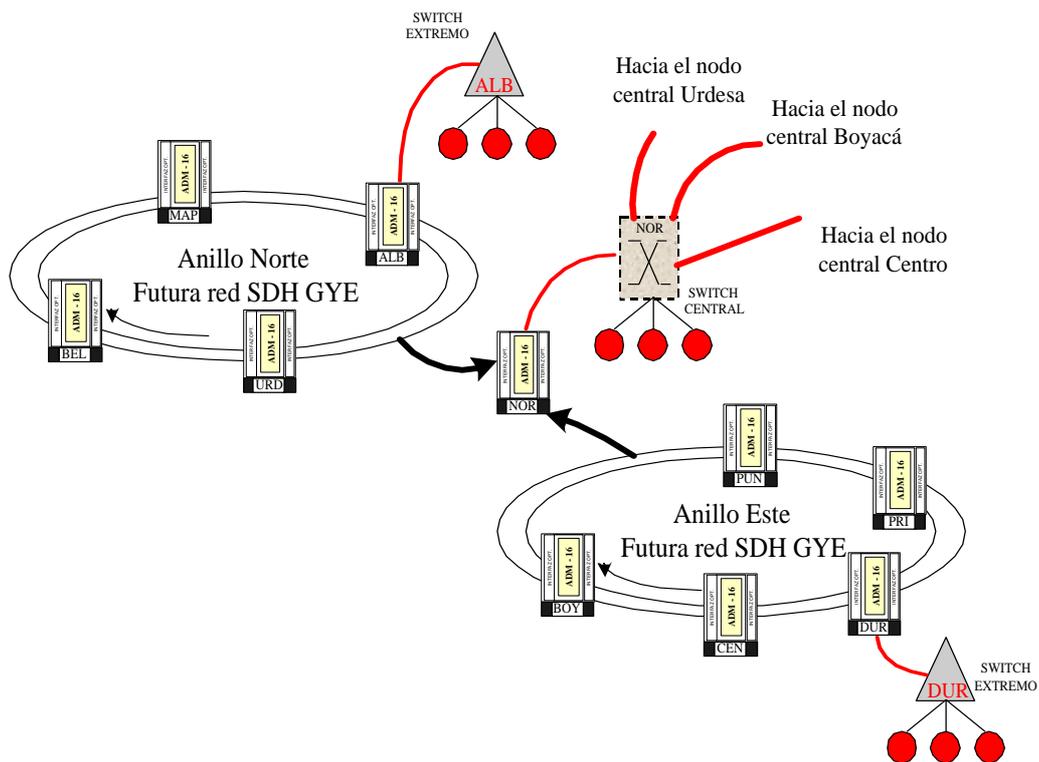


Figura 13. Conexión estrella Jerárquica entre el nodo central Norte, los nodos extremos Alborada y Durán y los usuarios finales

Con excepción del nodo extremo ATM Kennedy Norte ningún nodo extremo requerirá un tendido de fibra óptica hacia su respectivo nodo central ATM dado que estos utilizan los recursos provistos por la futura red SDH para Guayaquil.

Tabla III. Enlaces de la red ATM pública

	ENLACE	MEDIO	VELOC. (Mbps.)
1	CENTRO-BOYACA	DEDICADO	622.08
2	CENTRO-SUR	ANILLO SUR FUTURA RED SDH	155.52
3	CENTRO-PUERTO NUEVO	ANILLO SUR FUTURA RED SDH	155.52
4	BELLAVISTA- BOYACA	DEDICADO	622.08
5	BELLAVISTA- MAPASINGUE	ANILLO NORTE FUTURA RED SDH	155.52
6	BELLAVISTA- CEIBOS	ANILLO OESTE FUTURA RED SDH	155.52
7	URDESA- BELLAVISTA	DEDICADO	622.08
8	URDESA-NORTE	DEDICADO	622.08
9	URDESA-KENNEDY NORTE	DEDICADO	155.52
10	NORTE-BOYACA	DEDICADO	622.08
11	NORTE-ALBORADA	ANILLO NORTE FUTURA RED SDH	155.52
12	NORTE-DURAN	ANILLO ESTE FUTURA RED SDH	155.52

Todos los nodos extremos se enlazarán a la red pública ATM mediante una conexión estrella jerárquica. En este tipo de conexión los distintos usuarios se conectan al nodo extremo más cercano y estos a su vez tendrán una conexión directa con el nodo central ATM más próximo.

En la figura 13 se observa la conexión estrella jerárquica de los usuarios de los nodos extremos Alborada y Duran al anillo norte de recolección de la futura red SDH para Guayaquil. Los nodos extremos restantes se conectarán de manera similar, es decir, se enlazarán al nodo central de su anillo correspondiente.

La tabla III muestra todos y cada uno de los doce enlaces de los que está compuesto el diseño de la red pública y las velocidades respectivas a las que cada enlace trabaja.

ASIGNACION DE RECURSOS PARA LA RED PUBLICA ATM PARA GUAYAQUIL

La red ATM pública para Guayaquil dispone de recursos físicos (búferes, anchos de banda) y recursos lógicos (direcciones ATM, identificadores de rutas y canales virtuales), los que se describirán a continuación.

ASIGNACION DE ANCHO DE BANDA

La red ATM pública para Guayaquil basará la administración de ancho de banda de cada enlace en términos de asignaciones de ancho de banda requerido por un usuario que desee establecer conexión. El requerimiento de ancho de banda soportado por los usuarios dependerá de la aplicación que deseen utilizar. En la tabla IV se observa cada una de las aplicaciones que podría soportar la red pública ATM, con los diferentes parámetros que caracteriza a cada uno de éstos servicios. Se pueden observar los rangos de ancho de banda que maneja cada aplicación, la clasificación de la categoría de servicio en CBR ó VBR, la frecuencia y la longitud de ráfaga, tolerancia de pérdidas y retardos de celdas.

Tabla IV Características de varios tipos de tráfico

Tipo de servicio	Categoría de servicio	Rango de ancho de banda	CBR/VBR	Frecuencia de ráfaga	Longitud de ráfaga	Tolerancia de pérdida de celdas	Tolerancia de retardo de celda
Voz	PCM voz	64 Kbps.	CBR	1	N/A	1e-4 a 1e-6	10- 150 ms.
Voz	Voz ADPCM	32 Kbps.	CBR	1	N/A	1e-4 a 1e-7	10- 150 ms.
Voz	Voz de elevada calidad	192 - 384 Kbps.	CBR	1	N/A	1e-5 a 1e-6	10- 150 ms.
Voz	Voz de calidad CD	1.4 Mbps.	CBR	1	N/A	1e-6	500 ms. -25 s
Dato	Interconexión LAN	1.5 - 100 Mbps.	VBR	varía	100 - 1000 B	1e-12	10 - 100 ms
Dato	Acceso a base de datos remota	1 - 10 Mbps.	VBR	1000	100 B - 100 K	1e-9	1-10 s
Dato	Correo electrónico	9,6 - 1.5 Mbps	CBR	1	50 - 5000 B	1e-9	1-10 s
Vídeo	Videotelefonía	64 Kbps - 2 Mbps.	CBR/VBR	2 - 5	2 - 10 KB	1e-9	150 - 350 ms
Vídeo	Videokonferencia	128 Kbps - 14 Mbps	CBR/VBR	2 - 5	1.6 - 40 KB	1e-9	150 - 350 ms
Vídeo	HDTV	150 Mbps	VBR	2 - 5	5 - 14 M	1e-12	40 ms

En el esquema de asignación de ancho de banda que se utilizará en la red ATM pública, se asegura a cada conexión un ancho de banda cuyo valor estará dado en términos del peso de la aplicación que se esté corriendo. El peso se refiere a los parámetros de tráfico que caracterizan a las diferentes calidades de servicio. Así para la categoría de servicio CBR se le asigna un peso correspondiente a su tasa de celda pico (PCR). El peso asignado para la categoría de servicio VBR es la tasa de celda sostenible (SCR). Finalmente, a la categoría de servicio ABR se le asigna un peso correspondiente a su tasa de celda mínima (MBR). Por lo tanto para establecer una conexión de cualquier categoría de servicio, se debe asignarle un ancho de banda correspondiente al peso de su categoría (MCR, SCR y PCR), donde este valor corresponderá al mínimo ancho de banda que requiere determinada aplicación para poder establecer la conexión sin variar la calidad del servicio. La categoría de servicio UBR no tendrá ningún ancho de banda asignado dado que este utiliza el ancho de banda restante dejado por las otras aplicaciones.

Los parámetros MCR, SCR y PCR son los que permitirán a la red utilizar el esquema de asignación de ancho de banda para rutas virtuales permanentes

separadas en VBR/CBR y ABR/UBR. Estos valores se deberán establecer una vez puesta en funcionamiento la red ATM pública para asegurar que las asignaciones de ancho de banda que se brinda a cada conexión sea el más real posible.

Cabe resaltar que la asignación de identificadores de rutas virtuales será a nivel local, por lo tanto cada valor VPI puede ser reutilizado en cualquier enlace.

REQUERIMIENTOS DE LOS SWITCHES CENTRALES ATM

Los switches centrales que se colocarán en las centrales: Urdesa, Bellavista, Centro, Norte y Boyacá necesitarán de poderosos requerimientos para transportar el tráfico concentrado por los nodos extremos de la red pública ATM.

Estos deberán poseer las siguientes características:

- Poseer una gran capacidad de procesamiento del orden de los 10 Gbps, que le dé soporte al switch para poder manejar hasta 3 puertos como mínimo con velocidades de 622.08 Mbps. (Equivalente al número máximo de enlaces STM-4 que cualquier nodo central pueda tener), y adicionalmente varios puertos cuyas velocidades varíen desde E1/T1 hasta 155 Mbps.
- Los switches deben proveer esquemas de administración de tráfico inteligente a través de búferes inteligentes de alta capacidad, espera de cola por canal virtual, descarte de tramas, política de tráfico GRCA.
- Deben poseer administración de ancho de banda que permita prioridad elevada, retardo sensitivo al tráfico CBR/VBR para que pueda atravesar la red sin verse afectado por el tráfico de ráfagas ABR/UBR.
- Debe poseer un completo rango de interfaces disponibles, tales como E1, T1, DS3, E3, STM-1 y STM-4.
- Debe poseer redundancia de fuentes de poder y permitir conexiones para sistemas de potencia UPS continuo.
- Debe soportar todos los estándares del ATM Forum, IETF e ITU (CCITT). Así, los switches deben cumplir con las especificaciones de señalización de la interface de red de usuario (UNI) v3.1, la señalización PNNI, administración de tráfico (política UPC) y administración de redes (ILMI y SNMP MIB). Adicionalmente, debe soportar Classical IP y Emulación LAN v1.0

REQUERIMIENTOS DE LOS SWITCHES EXTREMOS

Los switches de los nodos extremos ATM deben manejar las mismas características de los switches centrales, en cuanto a la posibilidad de manejar un amplio rango de capacidades de calidad de servicio en videoconferencia, vídeo en demanda, entre algunas aplicaciones y la respectiva protección del hardware.

Adicionalmente, los nodos extremos deben manejar una capacidad de procesamiento mínima equivalente a 2.5 Gbps. y manejar puertos cuyas velocidades varíen desde E1/T1 hasta STM-1.

REQUERIMIENTOS DE LA FIBRA OPTICA PARA ENLACES DIRECTOS

El backbone ATM para la ciudad de Guayaquil está compuesto de cinco switches ATM y de siete enlaces de fibra entre ellos. Estos enlaces se establecerán a través de fibra óptica monomodo de 6 hilos, la que actuará como medio físico de transporte para la portadora STM-4 de 622 Mbps. Se deberá realizar un tendido de fibra dedicado para cada enlace entre cada switch central ATM, utilizándose las rutas libres de la canalización que posee Pacifictel. En caso de falta de rutas libres entre nodos centrales se deberá realizar la ampliación física de estas rutas o buscar rutas alternas.

El objeto de establecer un tendido de fibra dedicado entre cada nodo central ATM, es el de proveer a la red de todo el ancho de banda (622 Mbps) perteneciente a cada enlace para las aplicaciones que se correrán sobre ATM sin interferir con las aplicaciones de voz que se ejecuten paralelamente sobre la red SDH. Se establecerán siete enlaces STM-4 con fibra monomodo entre los switches centrales, como se muestra en la tabla V.

Cada switch ATM central estará ubicado en la central que lleva su nombre al igual que los switches extremos. Además del tendido de fibra entre los siete enlaces entre los switches centrales, se establecerá un tendido de fibra de 6 hilos adicional entre el switch ATM central Urdesa y el switch ATM extremo Kennedy como medio físico de transporte para una portadora STM-1 de 155 Mbps.

Tabla V. Enlaces en los que se tendrá que establecer un tendido de fibra dedicado para la red ATM de Guayaquil.

ITEM	TRAMO	DISTANCI A	PORTADORA	NUM. DE FIBRAS
1	BOYACA-CENTRO	940 m	STM-4	6
2	BOYACA-NORTE	2.140 m	STM-4	6
3	BOYACA- BELLAVISTA	4.343 m	STM-4	6
4	URDESA- BELLAVISTA	2.330 m	STM-4	6
5	URDESA-NORTE	3.086 m	STM-4	6
6	CENTRO-NORTE	3.080 m	STM-4	6
7	CENTRO BELLAVISTA	5.284 m	STM-4	6
8	URDESA-KENNEDY	3.700 m	STM-1	6

CONCLUSIONES

El estudio de la red ATM para Guayaquil se basa en el diseño previo de una red SDH para Guayaquil. SDH constituye el medio físico de transporte para las celdas provenientes de los switches ATM son el soporte de conmutación de la información de las diferentes aplicaciones provenientes de una red de servicios integrados de banda amplia. ATM es la tecnología de conmutación para B-ISDN (Broadband Integrated Service Digital Network) y proporciona acceso a los usuarios de B-ISDN a la red de fibra óptica SDH. Por lo tanto se la puede utilizar en diferentes capas físicas además de SDH, tales como satélite, inalámbrica las cuales utilizan diversos protocolos que les permiten comunicarse con las capas nativas de ATM, la AAL y la capa de red ATM.

Del estudio de la capacidad de la red SDH para transportar la información de las redes telefónicas de Guayaquil pertenecientes a Pacifictel, se determinó que sería necesario colocar un backbone ATM que cubra las zonas más importantes de la ciudad de Guayaquil para no obstruir el normal funcionamiento de las redes telefónicas, de esta manera se podría explotar los recursos de ATM sin depender de otro medio compartido como hubiera sido utilizar el anillo de interconexión central de la futura red SDH para Guayaquil. Sin embargo se podrían utilizar los anillos de recolección de la red SDH para que transmitan la información de sectores alejados, con lo que se evitaría utilizar tendidos de fibra óptica que serían una solución demasiado costosa para que sectores como Ceibos, Sur, Puerto Nuevo, Durán, Alborada y Mapasingue puedan integrarse a la red ATM.

Para la implementación de la red pública ATM en Guayaquil debe considerarse un estudio previo de potenciales clientes, y así saber si la inversión podrá ser recuperada en mediano plazo. Pacifictel debería ser la empresa encargada de realizar la implementación de este diseño, pues es la que dispone de mayores recursos tales como canalización, además de que la red SDH podría ser implementada por Pacifictel este año. Por eso, a pesar de los grandes beneficios y ventajas que la red ATM pueda traer a nivel de transmisión de multimedia, ésta no podría ser atractiva para los posibles usuarios, si es que los costos para poder proveerse de los servicios de ATM resultan demasiado elevados. En este sentido, tiene mucha importancia poder llegar al usuario final con un gran ancho de banda que le permita beneficiarse de las capacidades de ATM. Diferentes técnicas se están planteando como la solución más viable y económica de tal manera que la inversión en redes telefónicas o de cable puedan servir para llegar donde el usuario final sin necesidad de que se tenga que realizar un tendido directo de fibra óptica.

BIBLIOGRAFIA

1. Lozada, J. Orellana, W. Mejia, N. Laines, J. "Diseño de una red pública ATM para la ciudad de Guayaquil con aplicaciones de voz, vídeo y datos, e integración de la red ATM ESPOL al diseño propuesto. Informe del Tópico "Transmisión de datos", FIEC, ESPOL, Julio 1998.
2. ATM Forum, ATM User Network Interface (UNI) Specification, Version 3.1, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall 1995.
3. ATM Forum, Traffic Management Specification Version 4.0, April 1996.
4. ATM Forum, 622.08 Mbps Physical Layer Specification, [Http://www.atmforum.com /at-phy-0046.pdf](http://www.atmforum.com/at-phy-0046.pdf), Jan 1996.
5. Finn, N., Mason, T. ATM LAN Emulation, IEEE Communications, June 1996.
6. Fowler, H., Murphy, J. Network Management Considerations for Interworking ATM Network with Non-ATM Service, IEEE Communications, June 1996, pp 102 – 106.
7. Hou, Y., Tassiulas, L. Overview of Implementing ATM Based Enterprise Local Area Network for Desktop Multimedia Computing, IEEE Communications, April 1996.
8. Jain, R., Babic, G. Performance Testing Effort at the ATM Forum: An Overview, Communications, August 1997.
9. Peyravian, M. Tarman, T. Asynchronous Transfer Mode Security, IEEE Network, May/June 1997, pp 34 – 40.
10. Sandoval, A. Benedictis, P. Garzon, M. Orozco, J. Diseño de la red SDH para la ciudad de Guayaquil, Informe del Tópico "Comunicaciones Ópticas", FIEC, ESPOL, Dic 1997.
11. Stallings, W. ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM, 3rd Edition, 1995 Prentice Hall, pp 408 – 492.
12. Veitch, P., Johnson, D. ATM Network Resilience, IEEE Network, September / October 1997, pp 26 – 33.