



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

**“Estudio y Diseño de una Red Pública A.T.M.
en Guayaquil para mejorar el Estado Actual de
las Comunicaciones Digitales”**

Tesis de Grado

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización ELECTRONICA

Presentada por:

Javier Concha Illescas

Guayaquil - Ecuador

2000

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD
Y COMPUTACION

“Estudio y Diseño de una Red Pública A.T.M. en
Guayaquil para mejorar el Estado Actual de las
Comunicaciones Digitales ”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION ELECTRONICA

Presentada por:

JAVIER CONCHA ILLESCAS

GUAYAQUIL – ECUADOR
2000

AGRADECIMIENTO

AL ING. CARLOS MONSALVE,
Director de Tesis, por su invaluable
ayuda y colaboración para la
realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

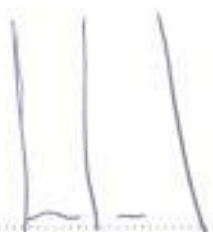
TRIBUNAL DE GRADO



DR. CRISTOBAL MERA
PRESIDENTE



ING. CARLOS MONSALVE
DIRECTOR



ING. CESAR YEPEZ
M. SUPLENTE

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



Javier Concha Illescas

RESUMEN

La tesis considera el diseño de una red pública de alta velocidad con uso de la tecnología de más alto rendimiento en la actualidad. Mostrando las ventajas que ésta tendría sobre la estructura de comunicación pública en Guayaquil.

El capítulo 1 es una introducción básica a los sistemas de comunicaciones de datos, empezando con un estudio de los tipos de circuitos existentes en los inicios de la comunicación digital hasta abarcar conceptos y técnicas de última generación.

El capítulo 2 plantea la situación actual de la comunicación pública en Guayaquil. Los servicios prestados por Pacifictel, la calidad que ofrece en éstos, y la necesidad de mejorarlos y aumentarlos.

En el capítulo 3 se realiza un estudio de los medios físicos más populares utilizados para integrar redes.

El capítulo 4 describe criterios utilizados para encontrar una solución sólida y viable que permita manejar cualquier demanda de servicios digitales en la ciudad de Guayaquil.

En el capítulo 5 se diseña el proyecto, se describe y bosqueja lo que se pretende realizar, la manera de lograrlo y administrarlo. El capítulo cubre todo el proceso que involucra desde la instalación física hasta el funcionamiento del backbone de fibra óptica, los nodos y demás dispositivos ATM a instalarse. Finalmente se describirá la estructura lógica de la red, y las herramientas de software que permitirán administrarlo.

INDICE DE ABREVIATURAS

AAL	ATM Adaptation Layer
ABR	Available Bit Rate
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Loop
ANSI	American National Standard Institute
ARP	Address Resolution Protocol
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASETA	Acuerdo Sub regional Andino
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B-ICI	Broadband ISDN Inter Carrier Interface
B-ISDN	Broadband ISDN
BYSYNC	Binary Synchronous Communication Protocol
CBR	Constant Bit Rate
CCITT	International Consultative Committee on Telegraphy and Telephony
CDPD	Celular Digital Packet Data
CLP	Cell Loss Priority
COMOTEL	Comisión de Modernización de Telecomunicaciones
CONAM	Consejo Nacional de Modernización
CS	Convergence Sublayer
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

DNS	Domain Name System
DS-N	Digital Signal Number
DQDB	Distributed Queue Dual Bus
DLCI	Data Link Connection Identifier
EBCDIC	Extended Binary Coded Decimal Interchange Code
EIA/TIA	Electronics Industries Association / Telecommunications Ind. Assoc.
ELAN	Local Area Network Emulation
EMI	Electromagnetic Interference
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frequency Division Multiplexing
FSK	Frequency Shift Keying
FUNI	Frame UNI
GAN	Global Area Network
GFC	Generic Flow Control
HDLC	High Level Data Link Control
HEC	Header Error Control
HFC	Híbrido Fiber Coaxial
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETEL	Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones
IETF	Internet Engineering Task Force
IFC	International Financial Consultant
IGRP	Interior Gateway Routing Protocol
IPX/SPX	Internetwork Packet eXchange / Sequenced Packet eXchange
ISO	International Organization for Standardization

ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunications Union
ISO	International Organization for Standardization
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
KHZ	Kilo hertz
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MIB	Management Information Base
OAM	Operations, Administration and Maintenance
OC-N	Optical Carrier level N
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PCM	Pulse Code Modulation
PDM	Pulse Duration Modulation
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDU	Protocol Data Unit
P-NNI	Private Network To Node Interface
POTS	Plain Old Telephone Service
PPM	Pulse Position Modulation
PPP	Point to Point Protocol
PT	Payload Type
PVC	Permanent Virtual Circuits

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QOS	Quality Of Service
QPSX	Queued Packet Synchronous Exchange
RBB	Residencial Broadband
RF	Radio Frequency
RIP	Routing Information Protocol
RMON	Remote Monitoring
SAR	Segmentation and Reassembly
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDLC	Synchronous Data Link Control protocol
SDSL	Single line Digital Subscriber Line
SENATEL	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
SNA	System Network Architecture
SNMP	Simple Network Management Protocol
SONET	Synchronous Optical Network
STDM	Statistical Time Division Multiplexer
STP	Shielded Twisted Pair
STM-N	Synchronous Transfer Mode level N
STMP	Simple Mail Transfer Protocol
SVC	Switched Virtual Circuits
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
UBR	Unspecified Bit Rate
UDP	User Datagram Protocol
UNI	User Network Interface

UTP	Unshielded Twisted Pair
VCI	Virtual Channel Identifier
VBR	Variable Bit Rate
VPI	Virtual Path Identifier
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WWW	World Wide Web
XDSL	Família de Tecnologias DSL

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE DE ABREVIATURAS	VII
INDICE GENERAL	XII
INDICE DE FIGURAS	XVII
INDICE DE TABLAS	XXIII
INTRODUCCION	25
I. INTRODUCCION A LAS COMUNICACIONES DIGITALES	26
1.1. Introducción	26
1.2 Conectividad de circuitos	27
1.2.1 Conceptos básicos de transmisión de datos	27
1.2.2 Circuitos dedicados	35
1.2.3 Circuitos conmutados	35
1.3 Técnicas de modulación y digitalización	36
1.3.1 Modulación analógica	38
1.3.2 Modulación digital	40
1.3.3 Digitalización	45
1.3.3.1 Digitalización de la voz	47
1.4 Métodos de multiplexación de datos	51

1.4.1 Multiplexación por división de frecuencia	51
1.4.2 Multiplexación por división de tiempo	52
1.4.3 Multiplexación estadística por división de tiempo	53
1.4.4 Multiplexación por división de longitud de onda	54
1.5 Interconexión de sistemas abiertos	55
1.5.1 Protocolos de comunicación	56
1.5.2 Modelo O.S.I.	59
1.5.3 Principios de Redes de Area Local	61
1.5.4 Principios de Redes de Area Amplia	69
II. ESTADO ACTUAL DE LA COMUNICACION PUBLICA EN GUAYAQUIL	74
2.1 Introducción	74
2.2 Marco legal de Emetel	78
2.3 Estado actual de las prestaciones de servicio ofrecidas por Emetel	81
2.4 Red Telefónica de Emetel	86
2.5 Red Digital de Emetel	88
2.6 Servicios a mejorar	91
2.6.1 Calidad de Servicio	92
2.6.2 Tipos de Servicio	94
III. ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LAS COMUNICACIONES	98
3.1 Principales medios de transmisión	98
3.1.1 Cable coaxial	99
3.1.2 Cable U.T.P.	101
3.1.3 Cable S.T.P.	102

3.1.4 Cable Fibra Optica	104
3.2 Tecnologías de Interconexión	105
3.2.1 Dispositivos de Transmisión básica	106
3.2.2 Bridges	109
3.2.3 Ruteadores	111
3.2.4 Switches	112
3.2.5 Gateways	114
3.3 Tecnologías de Conmutación	116
3.3.1 Beneficios de la conmutación	117
3.3.1.1 Mejoras en la administración y en el desempeño de la red	117
3.3.1.2 Redes Virtuales	119
3.3.1.3 Soporte a tecnologías de generación superior	121
3.3.2 Conmutación de paquete	123
3.3.2.1 Tecnología Frame Relay	125
3.3.2.2 Aplicaciones	126
3.3.3 Conmutación de celda	128
3.3.3.1 Tecnología Cell Relay	129
3.3.3.2 Traducción paquete a celda	139
3.3.3.3 Aplicaciones	141

IV. CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL MEDIO DE TRANSMISION Y

TECNOLOGIA DE CONMUTACION PARA EL PROYECTO	143
4.1 Selección del medio de transmisión	143
4.1.1 Criterio para la selección	144
4.1.2 Niveles de protección	151

4.1.3	Conceptos básicos	152
4.1.4	Preparación de la fibra	157
4.1.5	Redes de fibra óptica	158
4.2	Selección de la tecnología de conmutación	160
4.2.1	Criterio para la selección	160
4.2.2	Forum A.T.M.	163
4.2.3	Beneficios A.T.M.	167
4.2.4	Tipos de Switches A.T.M.	170
4.2.5	Señalización y multiprotocolos sobre A.T.M.	178
4.2.6	Protocolos de ruteo A.T.M.	183
4.2.7	Mecanismos de administración de tráfico	185
V.	DISEÑO DEL PROYECTO	188
5.1	Descripción del proyecto y justificación	188
5.2	Servicios a prestarse a través de la red	196
5.3	Instalación de la red de acceso a la red A.T.M.	210
5.3.1	Análisis de la demanda de tráfico en Guayaquil y ubicación de la red de acceso a la red pública A.T.M.	211
5.3.2	Tipos de acceso disponibles en la red	232
5.4	Instalación de los nodos A.T.M. en puntos estratégicos	253
5.4.1	Planificación	253
5.4.2	Selección de los nodos de la red pública A.T.M.	259
5.4.3	Conectividad de los nodos de la red pública A.T.M.	269
5.4.4	Aproximación de costos para los nodos A.T.M. de la red pública	274
5.5	Instalación del backbone de fibra óptica en Guayaquil	275

5.5.1 Planificación	275
5.5.2 Instalación	277
5.5.3 Mantenimiento	283
5.6 Administración de la red	289
5.6.1 Estrategia de administración	289
5.6.2 Herramientas de administración	292
5.6.3 Políticas de administración	294
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	307
BIBLIOGRAFIA	312

INDICE DE FIGURAS

Representación de un bit	28
Códigos de Transmisión	29
Modos de Transmisión	30
Técnicas de Transmisión	32
Estructura de línea	33
Distorsión de un medio de transmisión	37
Técnicas de modulación analógica	39
Transmisión digital en un medio analógico	41
Onda Seno	42
Tipos básicos de modulación	43
Modulación FSK	44
Modulación por amplitud de cuadratura	44
Modulación por amplitud de pulso	46
Sistema de transmisión PCM	48
Señal PAM con muestreo flat-top	49
Configuración multiplexor típico	53
Diferencias entre TDM y STDM	54
Multiplexación por división de longitud de onda	55
Formato de un paquete ethernet	56

Bloque de un mensaje BYSYNC básico	58
Estructura de un paquete HDLC	58
Modelo OSI	60
Red de área local	62
Implementación del modelo OSI	63
El modelo IEEE 802	64
Esquema de topologías básicas de redes	65
Método de acceso token passing	66
Método de acceso CSMA/CD	67
Tecnologías de LAN más populares	68
Comparación entre el modelo OSI y el modelo IEEE 802	69
LAN segmentada con bridge y router	70
Gateway conectando LANs diferentes	71
Composición de una dirección IP por su clase	72
Representación del modelo OSI y TCP/IP	73
Estrategia de las telecomunicaciones en Sudamérica	77
Red de fibra óptica Ericsson	90
Red de fibra óptica Alcatel	90
Repartición del mercado de telecomunicaciones	96
Cable coaxial	99
Relación de transmisión del cable coaxial	101
Relación de transmisión del cable STP	103
Atenuación de medios guiados	105
Dispositivos de transmisión básica	107
Dispositivos de transmisión básica (enlace telefónico)	109

Esquema de bridge	110
Esquema de ruteador	112
Red compartida	113
Red conmutada	114
Esquema tradicional de gateway	116
Backbone colapsado en medios compartidos	118
Diseño de redes virtuales en ambientes conmutados	121
Tipos de conmutadores de tráfico	123
Red Frame Relay básica	126
Red Frame Relay híbrida	127
Formato de celda ATM	131
Comparación entre TDM y ATM	134
Pila de protocolos ATM	136
Mapeo de datos de usuario en AAL 3/4	138
Métodos de traducción de paquete a celda	141
Aplicación de conmutación de celda en tres redes distintas	142
Distribución del espectro de radiofrecuencia	145
Curva de comportamiento del cable coaxial, óptico y de cobre	149
Constitución de la fibra óptica	152
Enlace básico de fibra óptica	153
Tipos de fibra óptica	156
Modelos de fibra óptica	157
Tipos de switches ATM	170
Interface de un switch ATM genérico	175
Núcleo de un switch ATM	176

Interfases de red ATM: NNI y UNI	179
Esquema de conexión ATM	180
Comutación de circuitos y caminos virtuales	181
Operación de identificadores en un nodo ATM	182
Diseño de una red ATM con enlaces redundantes	192
Ruta alterna entre nodos ATM	193
Configuración típica de enlaces remotos	194
Tipos de conexión abonados-red pública ATM	195
Conexión de abonados a nube ATM	196
Conexión nodo privado a nodo público	196
Acceso tradicional a internet	200
Acceso a internet a través de la red pública ATM	201
Red pública ATM como backbone para servicios de internet	202
Distribución de una red de TV por cable coaxial	203
Recepción de señales de televisión via satélite	204
Integración remota a través de enlace de radio	206
Red de cajeros automáticos	207
Conectividad de oficinas remotas a través de la red pública ATM	208
Conexión centrales digitales de Pacifictel a nodos ATM	209
Red de acceso a la red pública ATM	211
Calidad de servicio operadora celular año 98	215
Tráfico por zonas en Guayaquil	227
Diagrama de frecuencia espectral de canales de televisión	229
Diseño de red de TV por cable usando señales STS-N	230
Alternativas de migración de un sistema RF a la red pública ATM	236

Integración de un sistema TDM a la red pública ATM	237
Diagrama de integración de red empresarial a la red pública ATM	237
Integración de red empresarial a la red pública ATM	238
Integración red privada a la red pública ATM	240
Integración de una central telefónica a la red pública ATM	243
Integración de redes remotas usando red digital Teleholding	245
Alternativa de conexión de la red pública ATM a Teleholding	245
Acceso a internet a través de la red pública ATM	249
Arquitectura de televisión por cable a través de una red ATM	251
Tipos de acceso a manejar por el backbone ATM	254
Módulo ATM de acceso público a la red ATM	260
Tráfico del nodo Alborada	261
Tráfico del nodo Boyaca	263
Tráfico del nodo Kennedy Norte	264
Tráfico del nodo Norte	265
Tráfico del nodo Centro	266
Tráfico del nodo Febres Cordero	266
Tráfico del nodo Sur	267
Tráfico del nodo Oeste	267
Tráfico del nodo Bellavista	268
Tráfico del nodo Ceibos	268
Tráfico del nodo Oro Verde	269
Tráfico del nodo Urdesa	269
Diagrama de la red pública ATM	271
Backbone de fibra óptica de la red pública ATM	279

Esquema del tendido de fibra entre 2 closets de comunicaciones	280
Conexión de fibra óptica en el closet de comunicaciones	282
Backbone de fibra óptica de la red pública ATM	283
Cable óptico monomodo de 12 fibras	288
Configuración de un nodo modelo: nodo Alborada	295
Niveles jerárquicos de la red pública ATM	303
Vista jerárquica de la red pública ATM	304

INDICE DE TABLAS

Principales estándares del sistema de portadora T-1	50
Situación actual y proyección de los servicios técnicos de Pacifictel	83
Estadísticas operacionales de Pacifictel	83
Servicios de telefonía	84
Circuitos para transmisión de datos	85
Tarifas adicionales	85
Contrato de concesión	93
Índice de calidad a cumplir por el operador	94
Clasificación de servicios para AAL	139
Características de transmisión de un medio	151
Jerarquía SONET/SDH	160
Comparación de funcionalidad de tecnologías	163
Principales servicios de comunicaciones de voz, datos y video	213
Enlaces provistos por empresas privadas de Telecomunicaciones	217
Posibles puntos de instalación de los nodos ATM	218
Red Newbridge de Teleholding	219
Enlaces CDPD en Guayaquil	220
Capacidad de líneas de central AXE-10 en Guayaquil	224
Capacidad de líneas de central E10B en Guayaquil	225

Demanda actual y futura de Pacifictel en la red pública ATM	227
Ubicación de los nodos de acceso a la red pública ATM	228
Demanda de la transmisión digital de Televisión	231
Tecnologías de acceso para diferentes tasas de transmisión	234
Tipos de puertos requeridos en migración de conexiones inalámbricas	240
Interfaces necesarias en la integración de centrales telefónicas de Pacifictel	244
Tipos de puertos requeridos en migración del servicio de teleholding	246
Puertos requeridos en la red pública ATM para la migración de CDPD	247
Tipos de puertos requeridos en migración de conexiones de internet	250
Tipos de puertos requeridos en migración de televisión por cable	252
Tipo y cantidad de puertos requeridos por tipo de servicio en la red ATM	256
Conexión de los nodos ATM al backbone ATM	272
Conexión de los módulos de acceso a la red pública ATM	273
Costos aproximados del backbone de nodos de la red pública ATM	274
Costos aproximados de los módulos de la red de acceso a la red ATM	274
Detalle de conexión de los enlaces entre nodos ATM	281
Pérdidas teóricas máximas por enlaces	286
Distribución de los tubos en la fibra óptica	288
Identificación de las fibras en cada tubo óptico	288
Definición de VP/VC en módulo de acceso público de Alborada	297
Tabla de mapeo del puerto de entrada P1	299
Tabla de mapeo del puerto 2	300
Tabla de mapeo del puerto 3	300
Tabla de mapeo del nodo Kennedy Norte, tráfico de ingreso P5	301

INTRODUCCION

El tema de esta tesis cubre el estudio y diseño de una red pública ATM para Guayaquil. El objetivo principal es diseñar la red ATM como alternativa para mejorar los servicios de comunicaciones públicas a través de la instalación de un backbone de fibra óptica permitiendo integrar servicios de voz y servicios de datos, con capacidad para transmitir imágenes.

El diseño de la red pública se establece a partir de un estudio general de los sistemas de comunicaciones actuales que existen en Guayaquil, de su demanda y de la necesidad de mejorar los servicios que éstos prestan. Partiendo de esta premisa, se analizará de forma separada cada tipo de servicio de la ciudad, para luego establecer la factibilidad de poder ingresarlo a una red central ATM en Guayaquil.

Una vez establecidos los servicios que se agregaran a la red pública ATM, se realiza el dimensionamiento de los nodos que formarán la red, incluyendo los tipos y cantidades de puertos requeridos por nodo.

Finalmente, se establecen métodos de administración y distribución de tráfico que faciliten de manera muy considerable el manejo de la red pública.

CAPITULO 1

INTRODUCCION A LAS COMUNICACIONES DIGITALES

1.1 INTRODUCCION

Desde los inicios de la existencia humana el hombre ha encontrado dificultad para comunicarse con sus semejantes; las limitaciones que ha encontrado para desarrollar su voz y luego para ser escuchado a distancias cada vez mayores han sido, sin duda, las razones fundamentales para disciplinar una necesidad continua de mejorar, desarrollar hábitos y técnicas que le ayuden a crear lo que es hoy un gran sistema de comunicación. Esta necesidad siempre presente, ha sido el impulso que ha ayudado al hombre a la creación de formas de comunicación que han roto criterios ortodoxos de transferencia de datos o voz, durante todo el desarrollo de la humanidad.

Esta necesidad ha ido a la par de todo hecho histórico. Sea éste un suceso social, económico o de otro tipo que involucre la aplicación o desarrollo de técnicas y tecnologías que mejoren cualquier estado presente de la comunicación.

La complejidad de los sistemas de comunicaciones creados ha sido cada vez mayor, comenzando con el solo hecho de transferir palabras o frases a un solo destinatario, en forma directa y en una sola dirección a la vez, hasta tener un sistema que involucre varios de estos procesos al mismo tiempo y en muchas direcciones. Las técnicas y los métodos aplicados aquí también han sido distintos y variados, debido a que comenzó a mejorar y diversificarse el medio de transmisión y la cantidad de información.

Pero el hecho mismo de transmitir información básica creó la necesidad de mejorar la transmisión de datos; además de lograr enviar a distintas direcciones y a grandes distancias la voz humana. Comenzó entonces, a cimentarse el verdadero y auténtico desarrollo de la tecnología de nuestros días. Pues, ya los objetivos eran más claros y ambiciosos: transmitir datos y voz por un mismo medio, a velocidades aún mayores, en distintas direcciones y a disposición de todos.

La integración de la voz humana a los canales de comunicación desarrolló, de por sí, una variedad de técnicas que han ido mejorando, y junto con la transmisión de varias fuentes de datos crearon lo que hoy se conoce con el nombre de multicanalización, o multiplexación.

Toda esta complejidad de sistemas de información necesitaba cumplir con ciertos criterios únicos y universales de transmisión de datos. Surgiendo los diferentes protocolos de comunicación, y modelos de estandarización que se desarrollaban junto con cada adelanto de la comunicación digital. No se trataba sólo de comunicar sistemas de estándares similares; sino, además, entre aquellos que poseían técnicas diferentes y variadas. Dando lugar a nuevos criterios de unificación de redes que hoy sufren un proceso natural de mejoramiento.

1.2 CONECTIVIDAD DE CIRCUITOS

En la actualidad ningún sistema de comunicación¹ es independiente; sino, por lo contrario, existe una coexistencia entre ellos. Se mencionará, por lo tanto, en los subcapítulos siguientes las técnicas y los métodos que forman las bases de su integración.

1.2.1 CONCEPTOS BASICOS DE TRANSMISION DE DATOS

Toda transmisión de datos basa su operación en niveles fundamentales de transferencia de

¹ Sistema de comunicación: es un sistema que permite el intercambio de información entre un receptor y un transmisor, para lo cual utilizan un medio de comunicación.

información. Estos niveles básicos se construyen a partir del dígito binario o bit, representado digitalmente por la presencia o ausencia de un estado o condición; gráficamente se lo representa como una onda cuadrada con valores de cero o uno (figura 1.2.1.1). De esta manera, se puede concluir que un bloque de información puede representarse como una secuencia de varios bits.

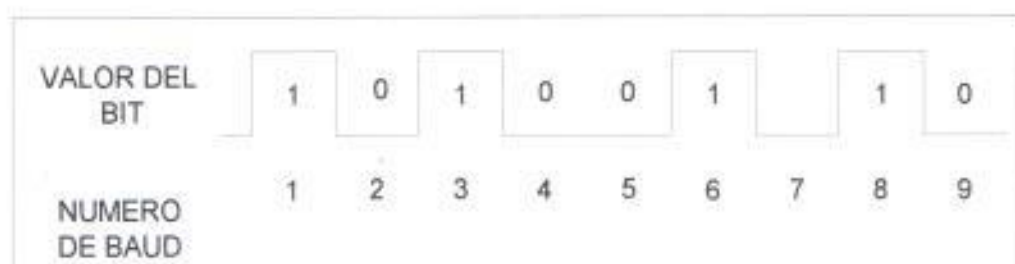


FIG. 1.2.1.1
REPRESENTACION DE UN BIT

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. Gilbert Held, Ray Sarch

Si por presencia o ausencia de varios estados, condiciones o bits, entendemos la existencia o no de datos, tendremos que los datos transmitidos durante una unidad de tiempo pueden presentarse como un evento o una condición discreta. Y la razón de transferencia de eventos por unidad de tiempo o segundos, es conocida con el término baud. Dándose casos en que el término baud tiene una equivalencia con la cantidad de bits por segundo, esto se da cuando un bit representa un evento; pues puede ocurrir que un evento conste de varios bits.

Si por carácter entendemos una letra, figura o símbolo tendremos que un carácter se forma de un número determinado de bits o eventos, y este número de bits depende del tipo de código de transmisión utilizado en la comunicación digital. Comprendiendo por código de transmisión la técnica utilizada para transferir información en un sistema de comunicación, entre las técnicas conocidas tenemos PPP, SDLC, etc. Los principales códigos de transmisión son los códigos ASCII, BCD y EBCDIC, (figura 1.2.1.2).

Toda transferencia de datos que se realiza entre componentes de un sistema de comunicación es realizada mediante diferentes métodos de transmisión que se los menciona a continuación.



FIG. 1.2.1.2
CODIGOS DE TRANSMISION

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

1.2.1.1 MODOS DE TRANSMISION

Son tres: SIMPLEX, HALF-DUPLEX y FULL-DUPLEX.

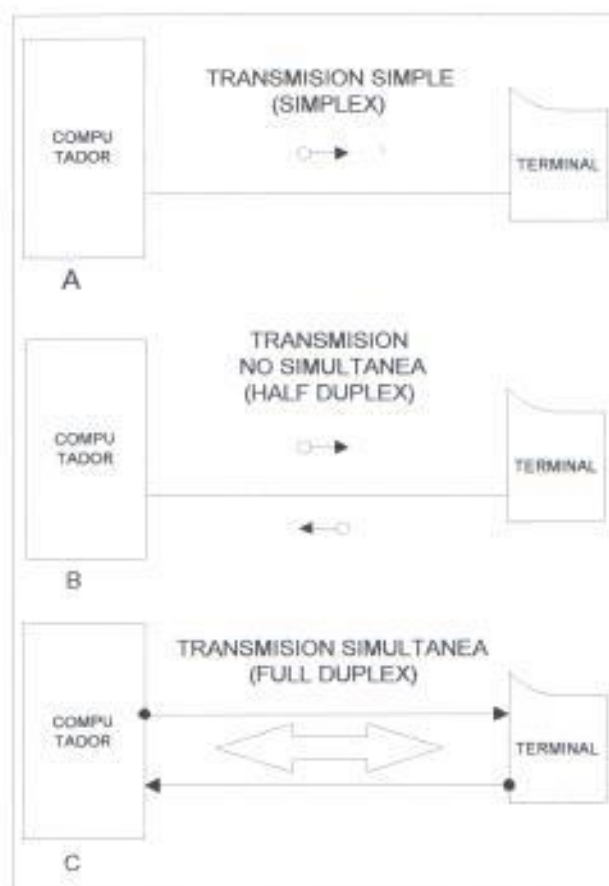


FIG. 1.2.1.1.1
MODOS DE TRANSMISION

SIMPLEX.- En este modo la transmisión se da en un solo sentido. Sin oportunidad para el receptor de validar la señal recibida (figura 1.2.1.1.A).

HALF-DUPLEX.- La comunicación aquí se da en 2 sentidos, pero no simultáneamente. Es un método de comunicaciones de datos empleado actualmente en el ambiente de las computadoras para conectar algunos periféricos. Dos ejemplos de este método son los tipos serial y paralelo, (figura 1.2.1.1.B). En la transmisión serial, los bits que forman

un carácter se transmiten en secuencia sobre una línea. A diferencia de la transmisión paralela, los bits que son usados para representar un carácter son transmitidos en paralelo, es decir, simultáneamente sobre varios canales.

FULL-DUPLEX.- La transmisión ocurre simultáneamente en ambas direcciones. Se la usa cuando grandes cantidades de tráfico deben ser transmitidos y receptados de manera simultánea dentro de un cierto periodo de tiempo, (figura 1.2.1.1.C).

1.2.1.2 TECNICAS DE TRANSMISION

La necesidad de sincronizar un dispositivo transmisor con un dispositivo receptor crea las técnicas de transmisión ASINCRONICA y SINCRONICA.

TRANSMISION ASINCRONICA.- Conocida usualmente como transmisión de inicio y parada, donde un carácter a la vez es transmitido o recibido. Bits de inicio y parada son usados para sincronizar el receptor con el transmisor, así como para denotar inicio y fin de un carácter transmitido. En una transmisión asincrónica cada carácter transmitido es encodificado² en una serie de pulsos; la transmisión del carácter es iniciada por un bit de inicio igual en ancho a un pulso, el carácter encodificado (serie de pulsos) es seguido por un bit de paridad, y uno o más bits de parada que pueden ser igual o mayores que el ancho de un pulso, dependiendo del código de transmisión usado.

La transmisión de un carácter ASCII de 7 bits se muestra en la fig. 1.2.1.2.1A. Los bits que acompañan el carácter ASCII serían 1 bit de inicio, 1 bit de parada y 2 bits de stop. Una transmisión de varios caracteres se muestra en la fig. 1.2.1.2.1B.

TRANSMISION SINCRONICA.- En este método la transferencia de información se

² Encodificar: transmisión de datos digitales sobre un medio digital.

controla por un temporizador (reloj), provisto por algunos de los dispositivos que forman la etapa de transmisión. El dispositivo receptor tiene su propio temporizador que lo usa para controlar la transferencia de datos, y para sincronizarse con el transmisor de manera que se eviten los datos corruptos o las pérdidas de éstos.

Para preservar la integridad de los datos, éstos se agrupan en bits y bloques, a los cuales les precede en la transmisión uno o más caracteres de sincronización, estos caracteres utilizan el mismo código (número de bits por carácter) que aquella información que ha sido codificada para ser transmitida. El receptor debe reconocer y sincronizarse con los caracteres de sincronización enviados (figura 1.2.1.2.1C), momento en que comienza la transmisión de información.

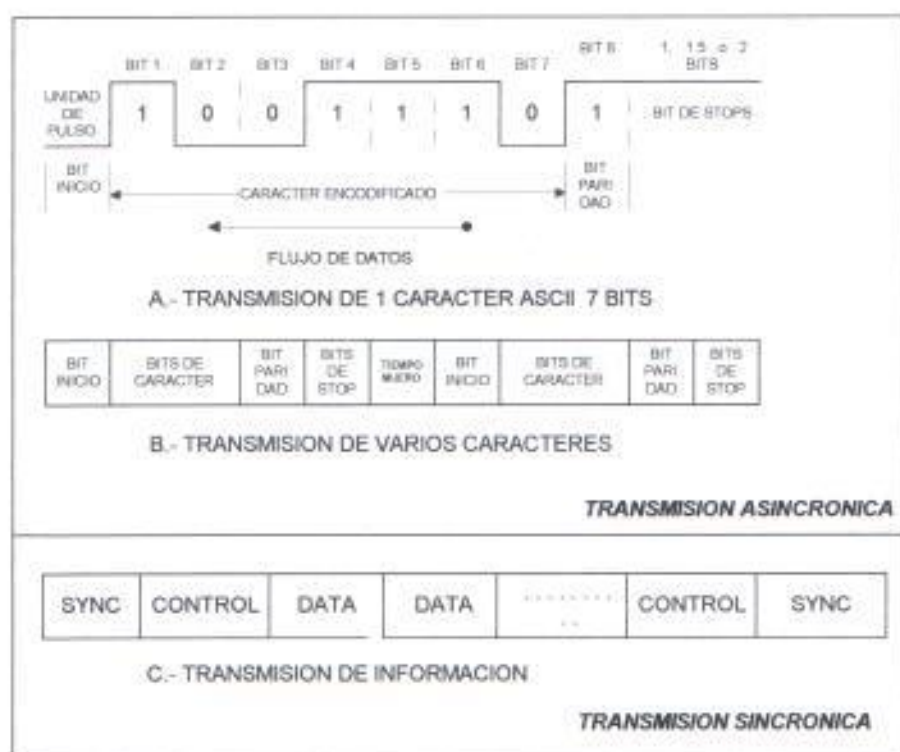


FIG. 1.2.1.2.1
TECNICAS DE TRANSMISION

FUENTE: Data and Computer Communications. William Stallings

1.2.1.3 ESTRUCTURA DE LINEA

En un sistema de comunicaciones existen 2 métodos empleados para conectar dispositivos físicos, como sería el caso de uno o varios terminales conectados a un computador central. Estos son los enlaces conocidos como enlaces punto a punto y enlace multipunto.

ENLACE PUNTO A PUNTO.- Cuando se conectan 2 dispositivos en una red, establecen una estructura de línea que es conocida como enlace punto a punto, fig. 1.2.1.3.1. Este tipo de conexión es directa y cada equipo o dispositivo transmite o recibe información hasta, y desde el otro equipo. La conexión puede ser a través de un enlace dedicado³, o rentado⁴.

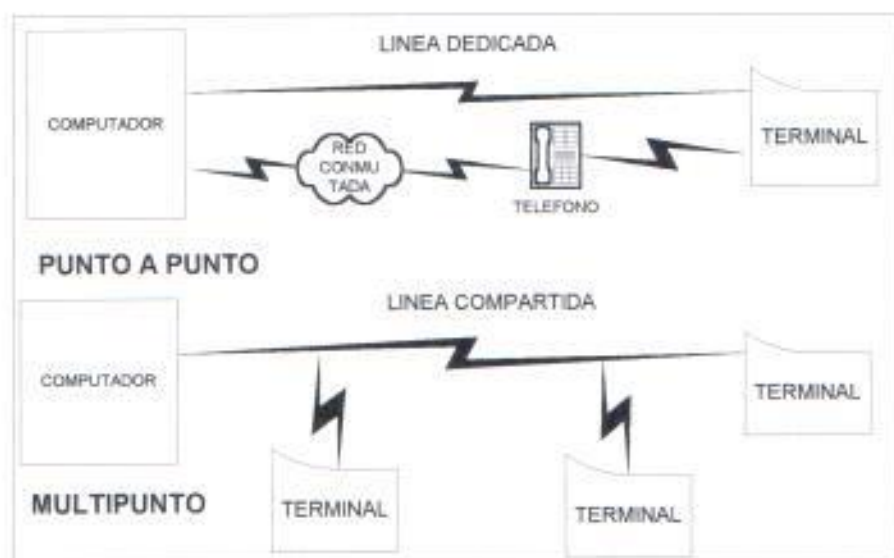


FIG. 1.2.1.3.1
ESTRUCTURA DE LINEA

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

³ Enlace dedicado: Este tipo de enlace utiliza un medio de transmisión permanente entre el receptor y el transmisor, y es aquel enlace que se encuentra dentro de un área geográfica privada como un campus universitario.

⁴ Enlace rentado: Es el enlace que se renta a una empresa de Telecomunicaciones, como Pacifictel.

ENLACE MULTIPUNTO.- Cuando se desea conectar más de un dispositivo esclavo a un dispositivo central, se necesita una estructura de línea multipunto; la ventaja principal de este enlace es que comparte un solo enlace de comunicación entre varios equipos, reduciendo así el costo promedio de transmisión, como se ve en la fig. 1.2.1.3.1.

1.2.1.4 DISCIPLINA DE LINEA

Para que varios dispositivos puedan compartir un enlace de comunicación multipunto sin interferir el uno con el otro, una disciplina de línea debe ponerse en práctica. En los sistemas multipunto la disciplina de línea previene que más de un dispositivo transmita a la vez, y que cada uno de los dispositivos en la línea tengan dirección única de uno o más caracteres. Esta disciplina puede ser por búsqueda, o por selección.

Cuando un dispositivo selecciona una línea, lo hace en una secuencia predefinida y así poder determinar si el dispositivo esclavo tiene información que transmitir, y si no tiene, continúa con la secuencia de búsqueda (existe una lista) hasta encontrar otro dispositivo esclavo que quiera transmitir. Cuando el dispositivo principal encuentra un dispositivo esclavo que quiera transmitir, lo selecciona e inicia una serie de sesiones de transmisión; entre cada sesión de transmisión, los dispositivo esclavos vuelven a ser consultados si desean transmitir e iniciar otra serie de sesiones de transmisión entre un segundo esclavo. Cada sesión de transmisión continúa hasta que el dispositivo esclavo transmita toda la información que posee, de manera que logran existir simultáneamente múltiples sesiones de transmisión, sin que interfieran entre ellas; actualmente una secuencia o técnica usada para establecer estas sesiones de transmisión se conoce como ventanas, windowing.

En el caso de darse transmisión por selección de línea, ésta se realiza seleccionando la dirección del dispositivo esclavo al cual los datos serán transmitidos. Transmisión por selección puede ser usada para servicios sincrónicos y asincrónicos.

1.2.2 CIRCUITOS DEDICADOS

Es un tipo básico de circuito para conectar equipos de comunicaciones; provee un medio físico, o inalámbrico, de transmisión permanente que puede ser cualquier alambre conductor o medio de radiofrecuencia. La transmisión ocurre en una ruta exclusiva para enlazar sitios diferentes, esta característica permite condicionar la línea de enlace para ubicar y reducir errores que pueden presentarse en la comunicación.

Este circuito es recomendado para casos en que se transmite una gran cantidad de datos en forma continua, y el concepto se aplica en forma global a la conexión entre dos sistemas. El circuito dedicado puede dar servicios de enlaces de línea punto a punto a dos equipos en particular.

1.2.3 CIRCUITOS CONMUTADOS

Es un tipo de circuito comúnmente usado en los sistemas de telefonía, es también conocido como sistema dial-up. El concepto básico se aplica en una red telefónica en donde un usuario al marcar un número telefónico se va conectando en secuencia a la central telefónica de su área; este tipo de conexión es realizada en 2 alambres de cobre, de los cuales uno es para transmisión en ambas direcciones y el otro es tierra común. Una vez que la llamada llega a la primer central, ésta es conmutada a otra central y así se transfiere la llamada entre las diferentes centrales necesarias hasta llegar al usuario destino.

Los circuitos conmutados, como se verá en próximos capítulos, son muy utilizados actualmente y

constituyen una operación básica en ambientes formados por grandes redes o sistemas de datos, ofreciendo versatilidad y velocidad constituyéndose en la base de la conectividad de los sistemas actuales.

1.3 TECNICAS DE MODULACION Y DIGITALIZACION

La función de una red de comunicaciones de datos es transferir información de una localidad a otra, esta transferencia es realizada usando dos técnicas de comunicación: digital y analógica. Sobre estas técnicas existen 2 clases de formas de ondas que se utilizan: determinísticas y aleatorias.

Una forma de onda determinística puede ser representada como una función del tiempo, según la fórmula 1.3.1. En esta fórmula, A, w, y ϕ son constantes conocidas.

$$W(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

FORMULA 1.3.1
ONDA DETERMINISTICA

FUENTE: Data and Computer Communications. W. Stallings.

Una forma de onda estocástica no puede ser especificada completamente en función del tiempo y debe ser modelada probabilísticamente.

Al analizar un sistema de comunicación se requiere indicar que el estudio se realiza asumiendo formas de onda determinísticas conocidas a la salida del transmisor, y que toda información es transportada a través de un canal de comunicación usando varias técnicas que dependen del tipo de información (analógica o digital) a transportarse y del tipo de medio a usarse (analógico o digital).

En una conexión directa de una distancia limitada y con propiedades eléctricas ideales de la línea, la señal recibida será idéntica a los pulsos originales transmitidos. Desafortunadamente esto no sucede en la realidad pues cada medio de transmisión o circuito tiene un grado de resistencia, inductancia,

ruido y capacitancia que causan distorsión en la línea, fig. 1.3.2. Así, debido a propiedades eléctricas un pulso digital viene a distorsionarse, y adicional a la distorsión un factor conocido como atenuación se presenta cuando la distancia entre el transmisor y receptor se incrementa:

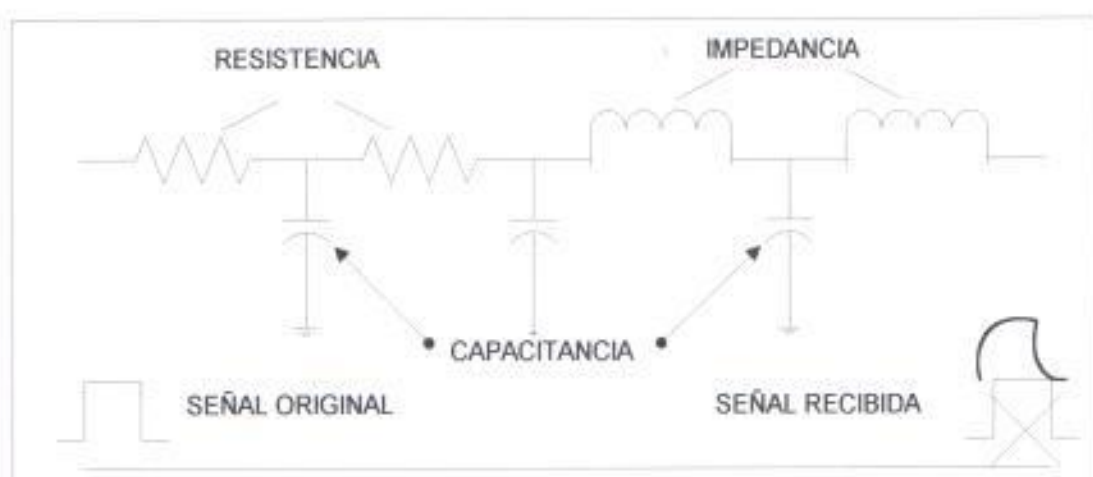


FIG. 1.3.2
DISTORSION EN UN MEDIO DE TRANSMISION
FUENTE: Lan Troubleshooting Handbook. Mark A, Miller.

Un sistema digital óptimo puede ser definido como aquel sistema que minimiza la probabilidad de errores de bits en el sistema de salida, sujeto a la potencia con que transmite el receptor, al ancho del canal y al ruido que se introduce en el canal de comunicación.

Uno de los términos más importantes en el campo de las comunicaciones es el ancho de banda de un circuito; el cual se refiere al ancho del rango de frecuencias que un canal o línea de comunicación es capaz de transmitir, y no a las frecuencias en sí. Si la frecuencia más baja a la que un canal transmite es f_1 y la más alta es f_2 , entonces el ancho de banda es la diferencia entre la frecuencia más alta y la más baja:

$$W = f_2 - f_1$$

FORMULA 1.3.3
ANCHO DE BANDA

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

donde,

W = ancho de banda, en Hertz

f 2 = frecuencia más alta, en Hertz

f 1 = frecuencia más baja, en Hertz

En sistemas analógicos un método utilizado para categorizar la calidad es dado por la razón de señal a ruido, esta razón resulta de dividir la potencia de la señal para la potencia del ruido; y puede ser manejada incrementando el ancho de la señal, disminuyendo el nivel del ruido, o ambos. Otro método para categorizar la calidad de transmisión sobre un circuito, es la razón de potencia transmitida para la potencia recibida. La pérdida o ganancia de un circuito es dada por la fórmula siguiente,

$$P = 10 \log_{10}(P1/P2)$$

FORMULA 1.3.4

POTENCIA DE UN CIRCUITO

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

donde,

P = razón de potencia en decibelios

P1, P2 = potencia transmitida, potencia recibida

1.3.1 MODULACION ANALOGICA

La modulación es la técnica mediante la cual a una señal eléctrica llamada portadora se la afecta de manera que sea capaz de transmitir información o datos a través de un medio de transporte, con ayuda de otra señal se encargará de "portar" la información a través del medio seleccionado. A la señal afectada se la conoce como señal de banda ancha, y la señal que permite transportar la información se denomina onda portadora.

Las señales eléctricas como el voltaje pueden variar continuamente en función del tiempo, tanto

en amplitud como en frecuencia, en este estado es posible modificarle algunos de estos valores, amplitud o frecuencia, de manera que puedan representar valores a conveniencia. Modificar la señal original es posible hacerlo variando su amplitud o interrumpiéndola continuamente, de manera que pueda representar información. A la señal modificada se la conoce como portadora, y los métodos más comunes para modificar o modular una señal son la modulación en amplitud, y modulación en frecuencia. El gráfico 1.3.1.1 esquematiza estas dos técnicas de modulación, en donde amplitud y la frecuencia se modifican para representar pulsos diferentes, que en conjunto formarán valores discretos de información (ceros y unos).

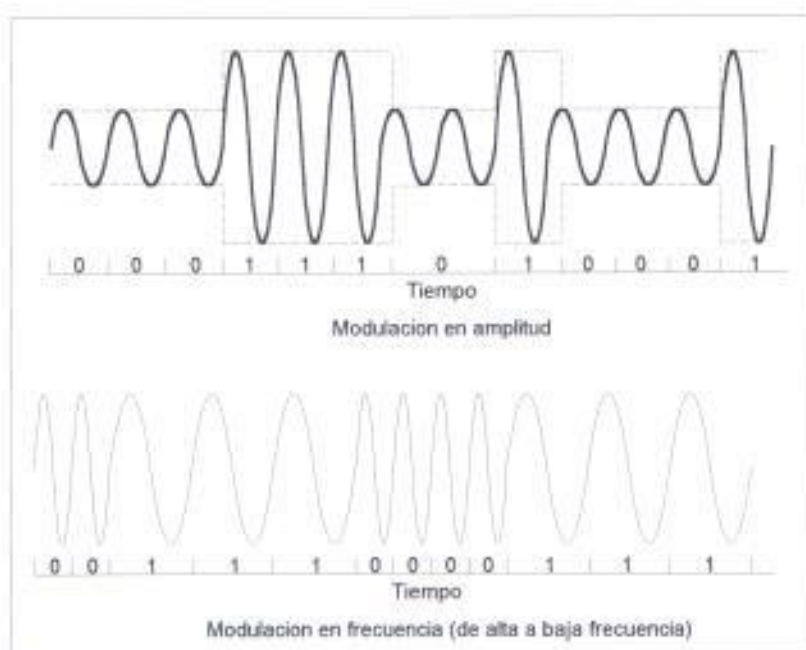


FIG. 1.3.1.1

TECNICAS DE MODULACION ANALOGICA

FUENTE: Comunicación de datos en los negocios. J. Fitzgerald.

La modulación analógica se utiliza para transmitir señales como la voz, sobre los circuitos como el telefónico, por lo que resulta bastante práctico describir este sistema. En las redes telefónicas analógicas, amplificadores analógicos reconstruyen el nivel de señal de voz cuando es necesario. Desafortunadamente los amplificadores también amplifican ruido y distorsión, presentes en el

circuito. Es útil para comprender la transmisión analógica, investigar su espectro de frecuencia y cómo se aplica en la transmisión de voz.

Cuando una persona habla, ésta transmite un rango continuo de frecuencias que viajan a través del aire. Las ondas de luz y ondas electromagnéticas en un medio conductor pueden, también, ser descritas en términos de sus frecuencias. Esto es, la amplitud de la señal en un tiempo dado está oscilando; la razón de oscilación es referida como su frecuencia, descrita en términos de la unidad Hertz (ciclos por unidad de segundo). Puesto que el oído humano escucha sonidos de frecuencias de un rango de 30 hasta 20000 Hertz y los circuitos telefónicos pueden transmitir entre 300 y 3300 Hertz, se obtiene un rango de frecuencias de 3 KHz suficiente para comprender al interlocutor.

Cuando la voz viaja a través de los circuitos telefónicos, muchas de esas señales pueden ser empaquetadas (combinadas) electrónicamente para habilitar a un canal de banda amplia para que pueda portar muchas conversaciones simultáneamente.

1.3.2 MODULACION DIGITAL

A diferencia de la modulación analógica en donde se requieren transmitir datos analógicos sobre un medio analógico, la modulación digital transmite datos digitales sobre un medio analógico. Para realizar tal tarea se requiere de técnicas adicionales de modulación que son realizadas de manera frecuente por dispositivos electrónicos; uno de ellos es el equipo conocido como modem; el cual es útil en la transmisión de información digital proveniente de computadoras.

El circuito de comunicación más común es el circuito telefónico, pero éste fue diseñado para transmisiones analógicas: una onda continua como la voz humana. Si se desea transmitir datos

digitales (pulsos de onda cuadrada) sobre un medio telefónico, se requiere utilizar un modem.

El proceso de modulación digital se esquematiza en la fig. 1.3.2.1, en este gráfico se puede ver que la señal proveniente de un computador, en forma de ondas cuadradas discretas, es ingresada a un modem, el mismo que envía la información recibida sobre un medio análogo como el que provee Pacifictel a través de sus circuitos telefónicos de última milla. La información que envía el modem es en forma de ondas electromagnéticas continuas, las mismas que al llegar al modem destino son convertidas a su forma original, es decir, ondas cuadradas discretas.

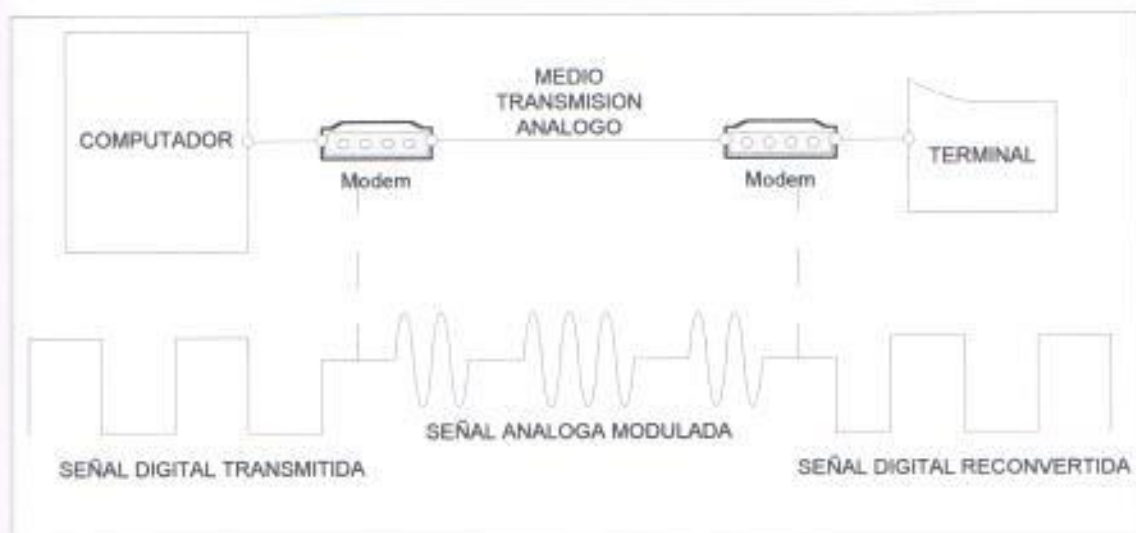


FIG. 1.3.2.1
TRANSMISION DIGITAL EN UN MEDIO ANALOGO

FUENTE: Comunicación de datos en los negocios. J. Fitzgerald.

Esta conversión de señal digital a analógica se la realiza por varias técnicas de modulación; cada una con un nivel diferente de características y de complejidad, técnicas utilizadas por el modem, la mayoría de estos dispositivos operan transmitiendo una señal sinusoidal continua y a la que modulan⁵ de acuerdo con el dato a ser transmitido.

⁵ Modular: Utilizar una señal base a la que se le alteran algunas características, y así poder transmitir información usando esta señal base como sistema portador de la información.

es de notar que la simple ausencia o presencia de una señal en el circuito puede ser usada para mostrar información que puede ser equivalente a la presencia o ausencia de una señal con una amplitud fija; sin embargo, estas técnicas presentan algunos inconvenientes. Así, si un modem emplea una modulación de frecuencia sobre una red telefónica conmutada diferentes problemas pueden encontrarse debido a las varias frecuencias usadas en estos circuitos, dando a una falsa operación.



FIG. 1.3.2.4
TIPOS BASICOS DE MODULACION

Un método útil para solucionar este problema es la modulación FSK (frequency-shift keying) en la cual solo dos frecuencias son usadas, una para representar un bit uno y otra para un bit cero, como se muestra en la fig. 1.3.2.5. Usualmente, FSK es utilizada para transferir información a velocidades bajas.

Otra modulación empleada es la de amplitud de cuadratura (QAM) que combina modulación por amplitud y fase para obtener velocidades superiores a las de FSK. En un modem QAM, 2 señales a una misma frecuencia, pero a 90 grados fuera de fase entre ellas, son empleadas. En la figura 1.3.2.6 se muestra un diagrama de la técnica QAM; se ve que para cada señal, 4 niveles posibles de amplitud pueden ser aplicados: A 1, A 2, A 3, A 4. La combinación de las señales P y Q, desfasadas 90 grados entre ellas, pueden ser usadas para generar 16 condiciones diferentes, cada una de las cuales pueden significar 4 bits de información.

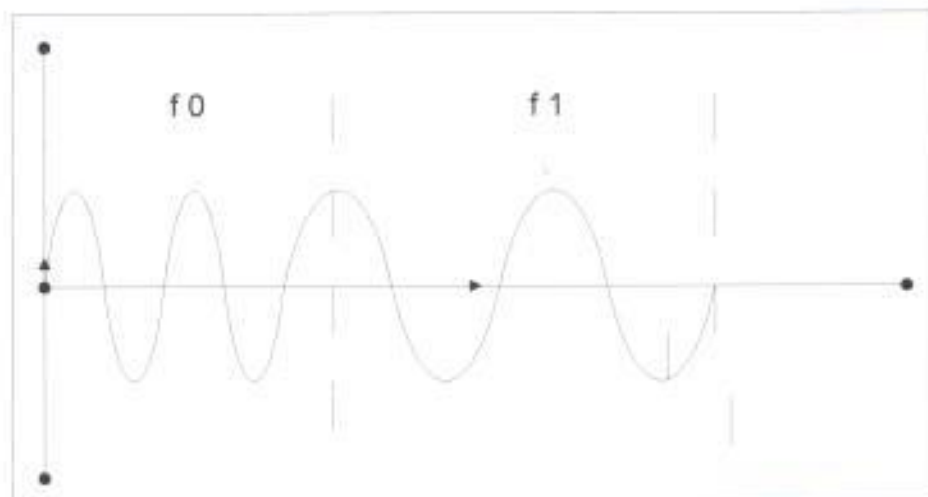


FIG. 1.3.2.5

MODULACION FSK

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

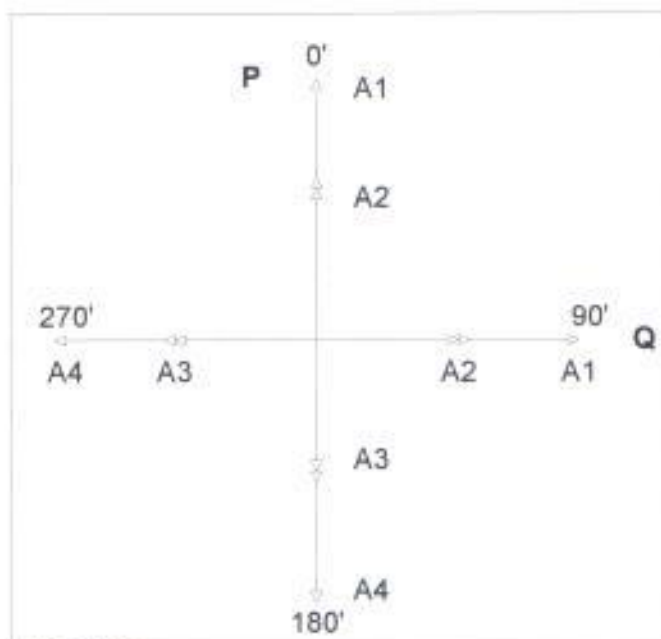


FIG. 1.3.2.6

MODULACION AMPLITUD DE CUADRATURA

FUENTE: Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

1.3.3 DIGITALIZACION

Cuando se requiere transmitir datos análogos sobre medios digitales se debe realizar un proceso conocido como digitalización. La digitalización tiene una aplicación muy amplia en nuestros días, en donde se utilizan muchos medios de transmisión digital para manejar información de tipo análoga. Los equipos usados para convertir señales análogas a señales digitales se conocen como codec (codificador-decodificador), que se encargan también de realizar la conversión a la señal análoga original.

Las técnicas más conocidas y utilizadas para la digitalización son las siguientes:

Modulación por amplitud de pulso (PAM)

Modulación por código de pulso (PCM)

Modulación por duración de pulso (PDM)

Modulación por posición de pulso (PPM)

En la modulación por amplitud de pulso, la señal es muestreada a intervalos sucesivos en tiempo y convertida en una serie de pulsos de ancho similar. A partir de esta serie de pulsos la señal análoga original puede ser reconstruida, fig. 1.3.3.1. La transmisión de una señal PAM sobre un canal requiere una respuesta de frecuencia muy amplia a causa de que el ancho de pulso es muy angosto, esto impone requerimientos estrictos en la respuesta de magnitud y fase del canal. El ancho de banda requerido es mucho mayor que el de la señal análoga original y la presencia de ruido del sistema PAM no puede ser mejor que el alcanzado por la transmisión directa de la señal análoga. Por lo tanto, PAM no es muy buena para transmisiones de larga distancia.

La modulación por código de pulso es una conversión analógica a digital especial donde la información contenida en el muestreo instantáneo de una señal analógica es representada por

palabras digitales en una sucesión serial de bits. Es útil para sistemas de larga distancia usando repetidores para la señal, aunque el ancho de banda requerido es mucho más amplio que el de la señal analógica.

Cuando la técnica por duración de pulso se emplea, el ancho del pulso varía de acuerdo con la señal muestreada, donde la amplitud y la posición del borde anterior (leading-edge) del pulso permanecen constantes. En la técnica por posición de pulso, el leading-edge del pulso varía según la señal muestreada, manteniéndose el ancho y amplitud del pulso constante.

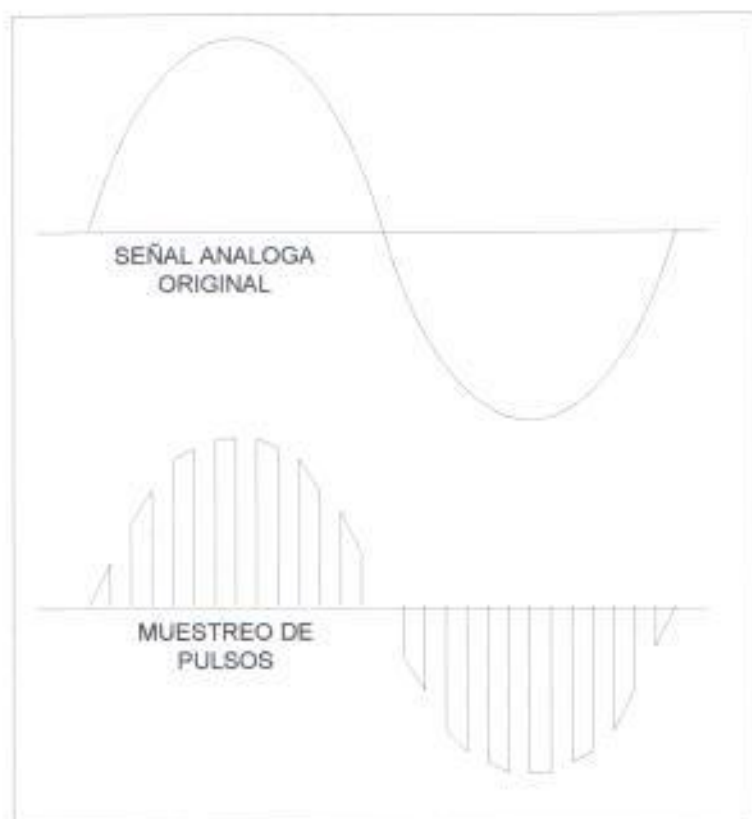


FIG. 1.3.3.1
MODULACION POR AMPLITUD DE PULSO
 FUENTE: Digital and Analog Communication Systems. Leon Couch.

1.3.3.1 DIGITALIZACION DE LA VOZ

Transportar una señal análoga como la voz a través de canales digitales es un proceso muy complejo. Proceso que es realizado a través de dos técnicas de modulación: la modulación por amplitud y la modulación por código de pulso. Es así que generada una señal PAM a partir de la información análoga, esta señal puede ser convertida en una señal digital PCM (banda base); la cual, a su vez, es modulada por un portador en un sistema de comunicaciones digitales de paso de banda; por lo tanto el proceso de la conversión analógica a PAM es el primer paso en convertir una forma de onda analógica (voz) en una señal digital PCM. El proceso completo se lo resume con un diagrama de bloques que se presenta en la fig. 1.3.3.1.1.

El proceso de la obtención de la señal PAM a partir de la señal de voz comienza con el muestreo de la forma de onda que representa la voz, este muestreo se realiza con ayuda de una señal impulso. El objetivo de la señalización PAM es proveer otra forma de onda tipo pulsos que contenga la misma información que está presente en la señal análoga original. El proceso de la señalización PAM puede resumirse gráficamente con la figura 1.3.3.1.2.

Realizado el muestreo, dos operaciones básicas se deben cumplir para obtener finalmente la señal PCM: cuantificación y encodificación. La idea es que cada valor de un pulso de muestreo pueda ser cualesquiera de un número infinito de niveles, de forma que se use la palabra digital que representa la amplitud más cercana al número infinito de niveles, esta palabra digital que representa el valor más exacto de la señal PAM cuantificada, depende del código a usarse para representar un nivel cuantificado en particular.

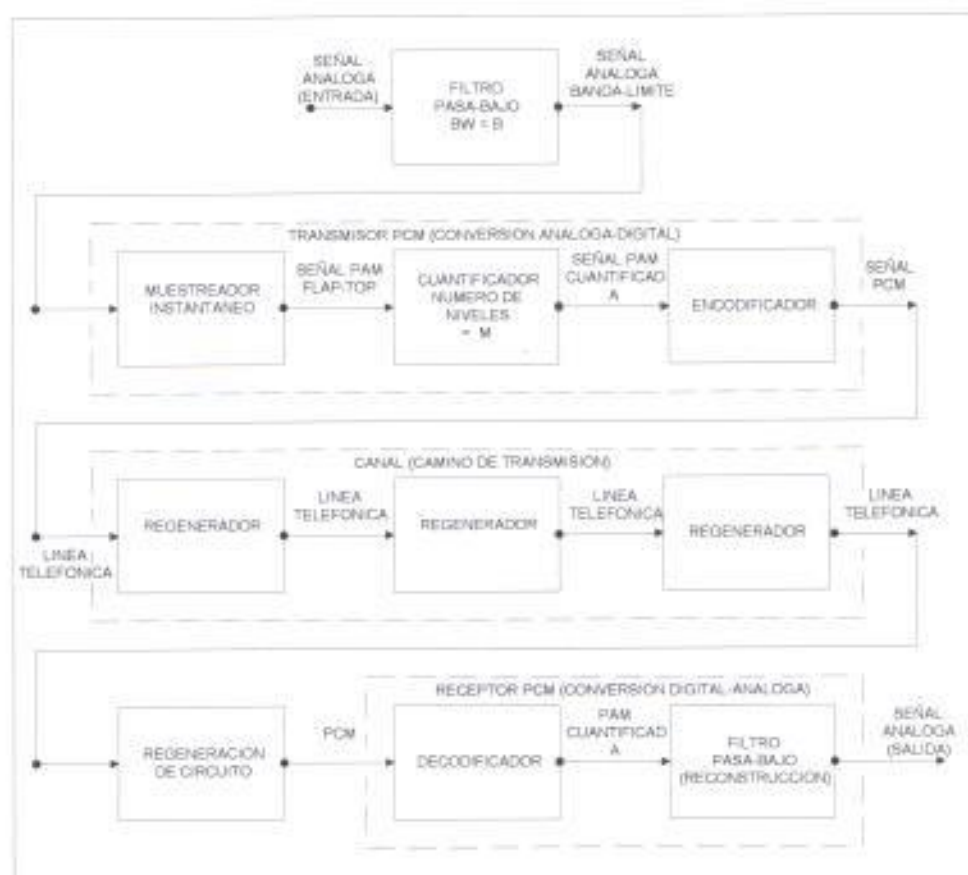


FIG. 1.3.3.1.1

SISTEMA DE TRANSMISION PCM

FUENTE: Digital and Analog Communication Systems, Leon W. Couch II

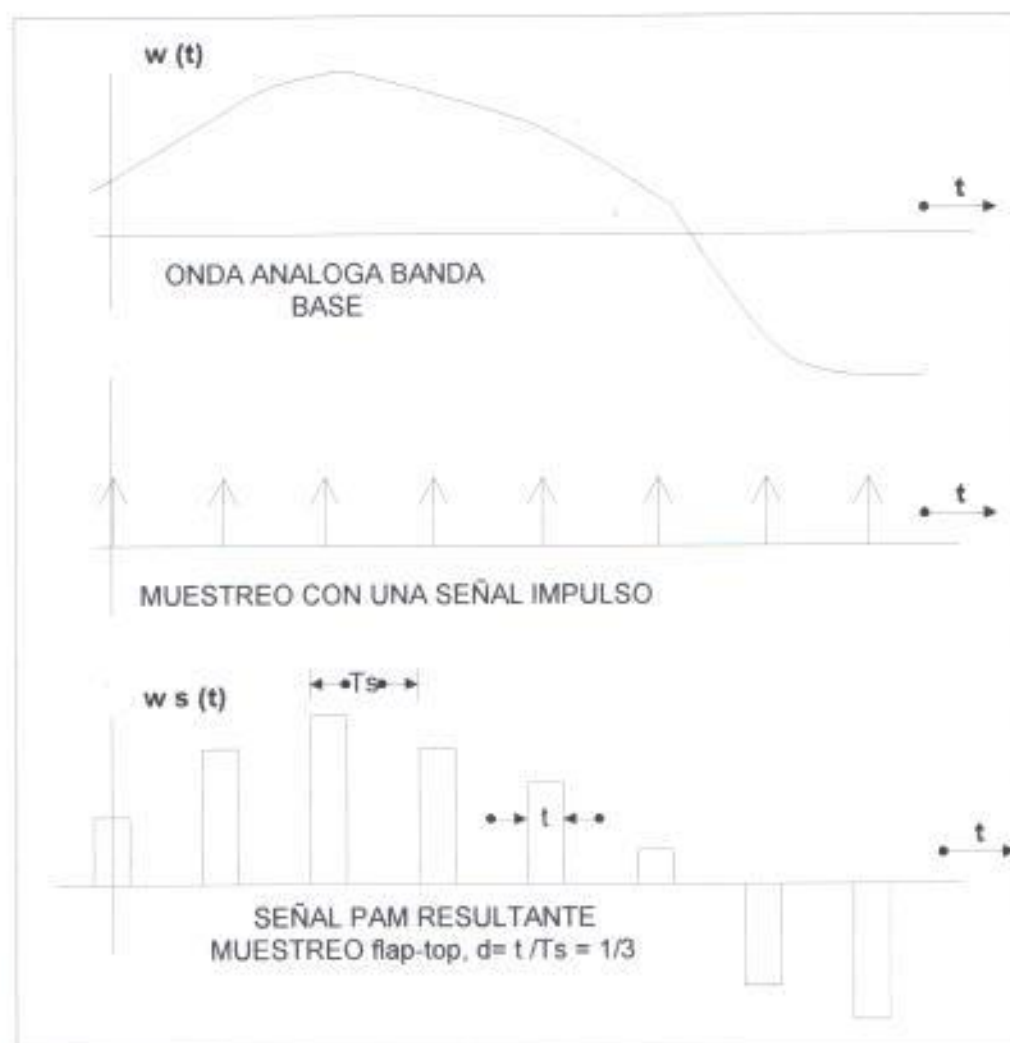


FIG. 1.3.3.1.2

SEÑAL PAM CON MUESTREO flat-top

FUENTE: Digital and Analog Communication Systems, Leon W. Couch II

PORTADORA T-1

La voz digitalizada generalmente se transmite utilizando un sistema de transmisión y de concentración denominado sistema de portadora T. El sistema de portadora T es norma de la industria telefónica en Estados Unidos, por lo que se lo aplica en muchos países de América. Esta norma telefónica define tasas de transmisión para la voz digitalizada, la

tasa más generalizada es aquella de 1.500 Mbps; que es conocida como señal digital 1, DS-1, o también portadora T-1.

En un enlace T-1 se concentran, agrupan o multiplexan, 24 canales de voz siguiendo un formato de señalización DS-1, el cual estipula que los datos se deben de transmitir en formato de 192 bits, seguidos por un bit de muestra. Este bit se utiliza para sincronizar los relojes en el equipo de usuario y en el de la compañía telefónica. El formato o trama se transmite a una velocidad de 8.000 por segundo. De esta manera, considerando los 193 bits por trama y multiplicados por 8.000 tenemos 1.544 megabits por segundo.

Para la portadora T-1 se utilizan pares de hilo con amplificadores digitales instalados con una separación de 1.800 metros, transportándose los 1.544 millones de bits por segundo (24 circuitos de voz/datos). La portadora T-1 se la utiliza para transmisión a distancias cortas, hasta de 80 Km. Existen normas telefónicas adicionales desarrolladas a partir de la portadora T, las que se muestran en el cuadro 1.3.3.1.3. Como se mencionó en análisis anteriores la digitalización de voz más utilizada es PCM; sin embargo existe otro método que dobla la cantidad de canales de voz que se pueden transmitir por PCM, la cual es conocida como ADPCM, modulación diferencial autoadaptiva por codificación de pulsos.

PORTADORA T	CANALES DE VOZ PCM	CANALES DE VOZ ADPCM	DS-N	TRANSMISION MBITS/SEGUNDO
T-1	24	48	DS-1	1.544
T-1C	48	96	DS-1C	3.152
T-2	96	192	DS-2	6.312
T-3	672	1.344	DS-3	44.376

TABLA 1.3.3.1.3

PRINCIPALES ESTANDARES DEL SISTEMA DE PORTADORA T

FUENTE: Digital and Analog Communications System. Leon W. Couch II

1.4 METODOS DE MULTIPLEXACION DE DATOS

La necesidad de compartir un solo canal o enlace de comunicación entre varios dispositivos, sea para reducir costos en la utilización del enlace o por ventajas en la velocidad, dio lugar a la concentración de muchos enlaces de baja velocidad en uno solo de alta velocidad.

Uno de los dispositivos comunes para concentrar datos es el multiplexador. Las comunicaciones de datos usualmente comparten su tráfico de alta velocidad en líneas de voz dedicadas entre los sitios de concentración de datos, de forma que puedan transmitir grandes cantidades de datos a costos que se consideran razonables; por multiplexación, un enlace de alta velocidad puede llevar la misma cantidad de tráfico que varios de baja velocidad por mucho menor costo. Esta multiplexación puede realizarse por varios métodos, pero los más tradicionales han sido por división de frecuencia (FDM), y por división de tiempo (TDM).

FDM representa los equipos iniciales desarrollados para permitir compartir el uso de una línea común; sin embargo debido a que cada vez se requería más eficiencia se comenzó a utilizar TDM a mediados de los años 80 con excepción de ciertas aplicaciones multipunto para las cuales la tecnología FDM es aún muy útil. El desarrollo de la multiplexación por división de tiempo formó las bases para varios tipos de multiplexadores como los estadísticos, de fibra óptica y T1.

FDM realiza la concentración dividiendo la banda de frecuencia de la línea telefónica en segmentos de frecuencia más pequeños; TDM en cambio asigna segmentos de tiempo a los varios canales de tráfico, se la usaba generalmente cuando una línea debía servir muchos terminales en un área local a través de un arreglo multipunto, TDM es usualmente usada en configuraciones punto a punto de larga distancia.

1.4.1 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIA

En la multiplexación por división de frecuencia (FDM) una línea analógica transmite voz con un ancho de banda de 3000 hertz, y se divide a su vez en segmentos de canales más pequeños; cada canal a una frecuencia distinta tiene un transmisor en un extremo y un receptor en el otro. El ancho de cada una de las bandas de frecuencia determina la capacidad de razón de datos de cada subcanal. FDM normalmente provee operación full-duplex en circuitos de 4 alambres, de forma que uno de los pares sirva para transmisión y el otro para recepción; pudiendo FDM operar también en un circuito de dos alambres. Por ejemplo, con 24 canales en la línea, un canal es asignado a la línea del canal 1 para transmitir y canal 13 para recibir, otro para el canal 2 para transmitir y canal 14 para recibir; y así. Aquí el número de canales es menor, pero esta técnica ahorra la diferencia de costos entre líneas de 4 alambres y de 2 alambres.

1.4.2 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE TIEMPO

Multiplexación por división de tiempo (TDM) es el muestreo de segmentos de tiempo de varias fuentes, de forma que la información de esas fuentes pueda ser transmitida serialmente sobre un canal de comunicación simple.

Los segmentos de tiempo de TDM utilizan el ancho de banda total de la línea; una configuración típica TDM se presenta en la fig. 1.4.2.1, aquí la línea del enlace de alta velocidad tiene un ancho de banda que es el máximo de la suma de las líneas de los subcanales que se disponen, es decir que si la capacidad del enlace principal es de 9.6 kbit/s, entonces no más de 4 terminales a 2.4 kbit/s pueden ser conectados a esta línea.

Cada uno de los segmentos de tiempo de TDM es asignado un carácter, o bit, de cada uno de los subcanales (puertos). En el otro extremo del enlace principal este proceso es reversado. El flujo de datos es demultiplexado y los caracteres van agrupándose para formar el mismo carácter que

se multiplexó en el transmisor.

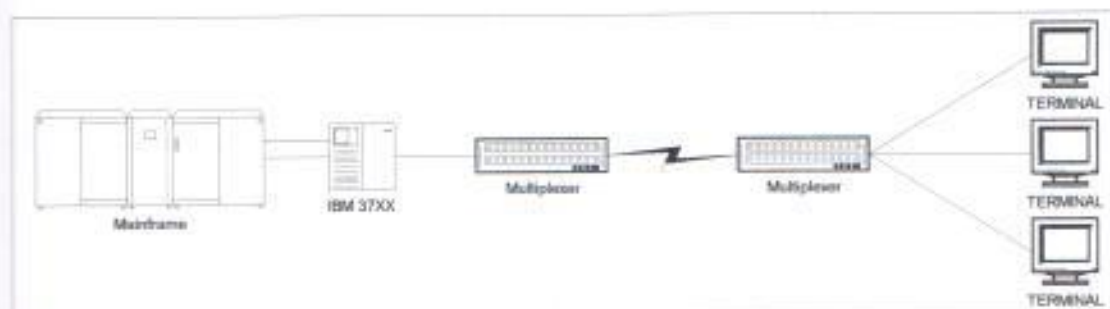


FIG. 1.4.2.1
CONFIGURACION MULTIPLEXOR TIPICO

El TDM tradicional es un dispositivo físico que asigna un segmento fijo del ancho de banda del enlace de alta velocidad de cada uno de los subcanales, puesto que los dispositivos terminales no están en uso todo el tiempo, el esquema de asignación fija usa la capacidad del enlace principal de manera ineficiente. Así, cuando un terminal no tiene nada que enviar, el segmento de tiempo asignado a él, en el que van solo caracteres nulos y fijos, se toma parte del flujo de datos.

1.4.3 MULTIPLEXACION ESTADISTICA POR DIVISION DE TIEMPO

Los multiplexores estadísticos pueden soportar más fuentes de datos que los TDM tradicionales, debido a que ellos transmiten datos solo cuando las fuentes de datos o dispositivos transmisores están activos. En la fig. 1.4.3.1 se comparan servicios de terminales prestados por equipos TDM y STDM; aquí 8 terminales de 1200bps servidos por TDM tradicionales requieren una velocidad de línea de 8×1200 , o 9600 bit/s para operar.

Para tomar ventaja de la inactividad de los dispositivos de transmisión, el multiplexor estadístico elimina los bits de inicio, parada y paridad de los datos asincrónicos cuando construye una trama de un mensaje sincrónico. La razón de servicio de un multiplexor denota su capacidad, es decir su nivel de rendimiento total en comparación con TDM. En el gráfico 1.4.3.1 se observa que el

servicio prestado por STDM tiene una relación de 2 a 1. Sobre un periodo de tiempo este multiplexor tiene doble capacidad que un TDM, a causa de que puede soportar dos veces el número de dispositivos en un periodo de tiempo cuando, por ejemplo, la mitad de los terminales no están transmitiendo. Los multiplexores TDM son manejados por el tiempo, los multiplexores STDM por los datos.

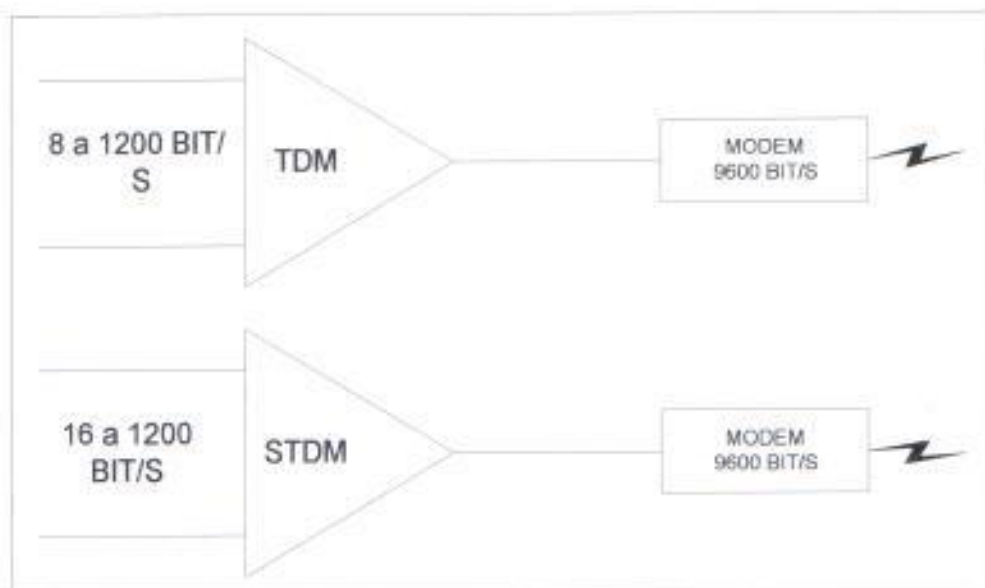


FIG. 1.4.3.1

DIFERENCIAS ENTRE TDM Y STDM

FUENTE:Data Communications: Comprehensive and Approach. G. Held, R. Sarch

1.4.4 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE LONGITUD DE ONDA

Es el método de multiplexación aplicado para transmitir varias señales a través de un solo cable de fibra óptica, cada una de estas señales tendrán una diferente longitud de onda. La idea es utilizar una sola fibra que transporte múltiples señales a diferentes longitudes de onda, esto es posible lograrlo debido a que la luz de diferentes longitudes de onda no logra interactuar lo suficiente como para lograr afectar otra señal de transmisión.

- La multiplexación por división de longitud de onda (WDM) tiene una desventaja sobre otros sistemas de multiplexación, y es la complejidad para separar diferentes señales en distintas direcciones, para esto son necesarios unos dispositivos llamados acopladores que trabajan como se muestra en la figura 1.4.4.1.

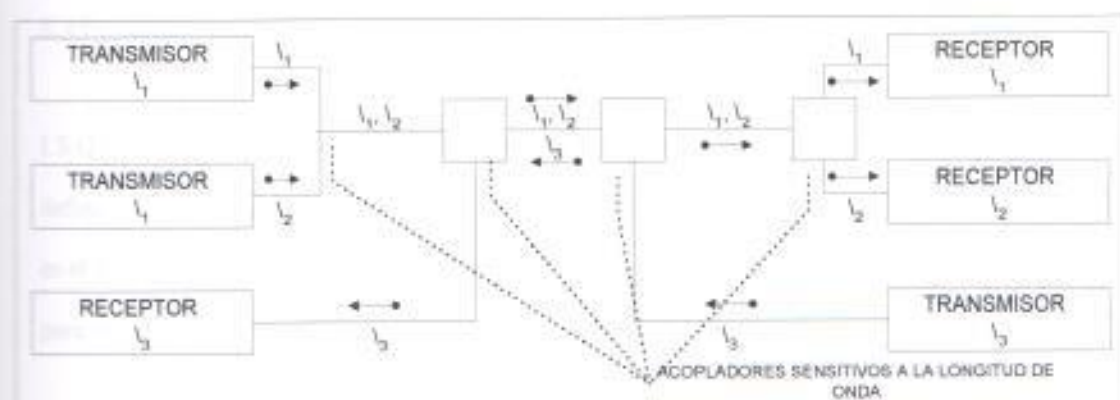


FIG. 1.4.4.1
 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE LONGITUD DE ONDA
 FUENTE: Understanding Fiber Optics. Jeff Hecht

1.5 INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS

El desarrollo acelerado de redes de computadoras y de los sistemas de comunicaciones por diferentes fabricantes crearon la condición de comunicar sistemas distintos entre sí. Surgió, así, la necesidad de crear organismos internacionales que regulen la interrelación entre sistemas diferentes.

Los organismos internacionales más reconocidos son: International Organization for Standardization (I.S.O.), Institute of Electrical and Electronics Engineers (I.E.E.E.), Internacional Telecommunication (I.T.U.). Existen otras organizaciones, tanto públicas como privadas que regulan muchas otras áreas específicas.

La I.T.U. es una agencia de los Estados Unidos que coordina varios estándares de comunicación internacional, que incluyen radio, telefonía y comunicación entre computadoras. Un comité I.T.U. es

el Consultatif Internationale de Télégraphie et Téléphonie (C.C.I.T.T.), cuyo representante en los Estados Unidos es el Departamento de Estado. C.C.I.T.T. trabaja en estándares como V.32, una recomendación para comunicación sincrónica, asincrónica, full duplex y dial-up para redes telefónicas de switcheo público; X.25, interface estándar para el switcheo de paquetes de redes de datos públicos, y, además para otros estándares como los de Integrated Services Digital Network (I.S.D.N.).

I.S.O., representada en los Estados Unidos por American National Standards Institute (A.N.S.I.), define estándares internacionales en una variedad de áreas, la contribución más notable en el mundo es el llamado modelo O.S.I. El Comité I.E.E.E. ha sido la fuerza principal en direccionar estándares para las redes de área local.

1.5.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Un protocolo es un conjunto de reglas que definen dos cosas: el formato de los paquetes y la semántica de su uso. La mayoría de los paquetes tienen un formato que incluyen una cabeza y un cuerpo. La cabeza con frecuencia incluye información tal como direcciones origen y destino, la longitud de los paquetes y algún otro indicador tal que el receptor del paquete conozca como decodificar el cuerpo. El cuerpo puede constar de datos puros (parte de un archivo o mensaje de correo electrónico), o puede contener otro paquete que tiene su propio formato definido por su propia especificación. El formato de los paquetes usualmente muestra el orden, tamaño y el nombre de las partes de información que forman el paquete. La fig. 1.5.1.1 muestra un paquete Ethernet.

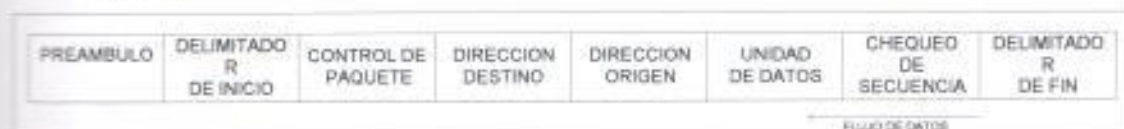


FIG. 1.5.1.1
FORMATO DE UN PAQUETE ETHERNET

FUENTE: Lan Troubleshooting Handbook. Mark A. Miller.

Esencialmente, el protocolo consiste de una conexión lógica al enlace físico de un sistema. Su aplicación habilita el intercambio ordenado de elementos de información: datos, voz, imagen, comandos. El procedimiento constituye un diálogo predeterminado que será mantenido muy rigurosamente por los dispositivos físicos en los extremos del enlace de comunicación. Se producen muchos procedimientos básicos como:

1. Identificación y sincronización del canal del enlace de comunicación.
2. Transferencia, además de funciones de transmisión, corrección y detección de errores para fortalecer la confianza de la transferencia de datos.

Los protocolos principales utilizados desde los inicios de la comunicación son los llamados protocolos de línea o protocolos para control del enlace de datos, estos son: BYSYNC, SDLC, y más generalmente HDLC, que es una familia de protocolos que incluye a SDLC.

En la actualidad, existe un conjunto de protocolos conocidos como TCP/IP que son un estándar en la comunicación de datos entre sistemas diferentes.

BYSYNC

El protocolo Binary Synchronous Communication (BYSYNC) fue desarrollado en 1968 por IBM para transmisión sincrónica entre dos computadoras o entre computadoras-terminales. Este es un protocolo orientado a caracteres, es decir usa caracteres (EBCDIC, ASCII) para definir los varios campos de un mensaje. Es un protocolo half-duplex; y periódicamente un carácter de fin de bloque de transmisión es enviado, solicitando una respuesta de la estación receptora del mensaje que usualmente es un ACK. ACK si el mensaje se recibió sin error, y NACK si se detectó errores, en este caso el bloque se retransmite en su totalidad. Un mensaje BYSYNC se muestra en la fig. 1.5.1.2.

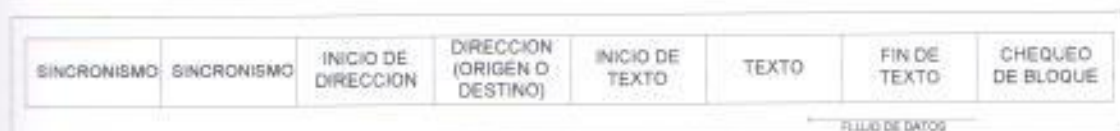


FIG. 1.5.1.2

BLOQUE DE UN MENSAJE BYSYNC BASICO

FUENTE: Lan Troubleshooting Handbook. Mark A. Miller

HDLC

High Level Data Link Control (HDLC) fue aprobado por I.S.O. en 1975, siendo un protocolo orientado a paquete que ha sido adoptado mundialmente por muchos vendedores, el protocolo SDLC es una derivación de HDLC. El estándar X.25 utiliza el protocolo HDLC. La estructura general de un paquete HDLC tiene un campo de direcciones que es extendido recursivamente para permitir muchas direcciones. Los dos tipos básicos de paquetes permitidos son de control e información.

En los frames de control no hay campo de información, y el paquete de control es utilizado para setear, cortar o chequear un enlace entre dispositivos. En el frame de información el campo puede ser de cualquier tamaño. Los frames de información son numerados en secuencia, tal que la estación origen no tenga que esperar un ACK para poder transmitir el frame siguiente, el ACK puede ser recibido más tarde en vista que los frames están numerados. La estructura general de un paquete HDLC se muestra en la fig. 1.5.1.3.



FIG. 1.5.1.3

ESTRUCTURA DE UN PAQUETE HDLC

FUENTE: Data and Computer Communications. W. Satallings.

SDLC

Synchronous Data Link Control (SDLC) es un protocolo orientado a bit. Consecuentemente, en lugar de caracteres de control usa una única bandera en el inicio y fin de cada paquete. Fue desarrollado por IBM en 1974 para ofrecer un protocolo más versátil que el BYSYNC.

SDLC es un protocolo full-duplex que permite comunicación remota entre líneas multipunto, también utiliza controles de error.

1.5.2 MODELO O.S.I.

Debido al ambiente propietario que existía en la mitad de los años 70, en 1978 I.S.O desarrolló y definió un modelo para protocolos de comunicación entre computadoras, y así éstas puedan interoperar. El resultado de este modelo es la estructura más aceptada para comunicar redes de computadoras diferentes, esta estructura consta de 7 capas funcionales que se describen en la fig. 1.5.2.1.

Cada capa se comunica únicamente con la capa inmediatamente arriba y con la capa inmediata inferior de si misma. Para propósitos de comunicación con otros nodos en la red, un producto que trabaja en una capa particular del modelo solo necesita conocer la capa directamente inferior a dicha capa. Las siete capas se describen a continuación:

1.- CAPA FISICA

La capa física describe especificaciones físicas, eléctricas y los procedimientos requeridos para transmitir datos a través del medio físico, es decir a través del cable. Esta transmisión se la realiza a nivel de un flujo de bits hasta y desde el medio físico de conexión.



FIG. 1.5.2.1
MODELO OSI

2.- CAPA DE ENLACE DE DATOS

La capa de enlace de datos mantiene una conexión estable entre nodos que se encuentren al final de un enlace físico. La conexión la realiza agrupando bits en frames proporcionando un mecanismo para direccionar múltiples nodos, y proveer una conexión de nodo a nodo libre de errores a través de un esquema de direccionamiento.

3.- CAPA DE RED

La capa de red es responsable de rutear, conmutar y controlar el flujo de información entre nodos. La responsabilidad de la capa de red es poca si la conexión se realiza en una sola ruta, no así para redes de área amplia que tengan múltiples caminos de conexión. La capa de red trabaja en términos de paquetes.

4.- CAPA DE TRANSPORTE

La capa de transporte garantiza una conexión libre de errores y provee la calidad necesaria para el intercambio de información. Una tarea de la capa de transporte es manejar longitud exacta de los mensajes que deben circular en una red a este nivel, para lo cual deben ser fragmentarlos en unidades de datos más pequeñas y luego reversar esta operación en el nodo final.

5.- CAPA DE SESION

La capa de sesión establece y termina las sesiones de comunicación de procesos entre nodos, además de manejar la sesión presenta sincronismo y traslación entre bases de datos de direcciones y nombres.

6.- CAPA DE PRESENTACION

La capa de presentación traslada el formato de datos del nodo transmisor en formato de datos del nodo receptor. Ofrece servicios de usuarios, tales como conversión de códigos, encriptación de archivos y compresión de datos.

7.- CAPA DE APLICACIÓN

La capa de aplicación provee protocolos para las aplicaciones de usuarios finales, tales como transferencia de archivos, correo electrónico, administración de red o acceso a base de datos remotas.

1.5.3 PRINCIPIOS DE REDES DE AREA LOCAL

Una red de área local (L.A.N.) es un sistema de transporte de información que provee conexión de velocidad media a alta entre usuarios dentro de una misma área, lo cual es realizado a través de la implementación de un subsistema de cableado común con adaptadores de comunicación y de protocolos de acceso.

Una red LAN proporciona aun más poder a las estaciones de trabajo; pues concede acceso tanto al hardware como al software de la red. Aplicaciones como hojas de cálculo, procesadores de palabras y gráficos son accedidos por diferentes usuarios con derechos adecuados sobre estas aplicaciones. Los usuarios pueden, además, instalar archivos, directorios o programas en discos duros de un computador, o imprimir en impresoras de red. El gráfico 1.5.3.1 muestra una típica red LAN.

Toda red LAN tiene cuatro componentes básicos de hardware que son:

1. Un medio de transmisión, frecuentemente cable coaxial, par trenzado o fibra óptica.
2. Un mecanismo para control de transmisión sobre el medio.
3. Una interface de red a las estaciones de trabajo, servidores o computadores centrales, es decir a los nodos de la red.
4. Protocolos que manejen la relación entre procesos operando en una capa dada del modelo OSI.

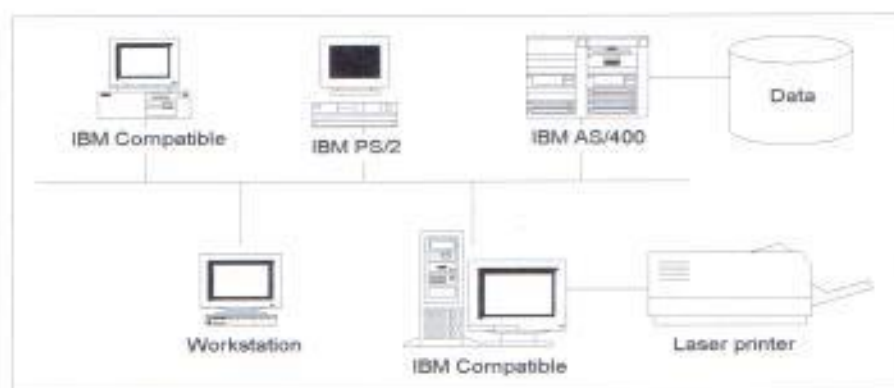


FIG. 1.5.3.1
RED DE AREA LOCAL

El modelo OSI es aplicable en una red de área local, para lo cual es necesario conocer las capas

que son implementadas en hardware y cuales en software. En la figura 1.5.3.2 se muestra una implementación del modelo OSI tanto en hardware como en software.

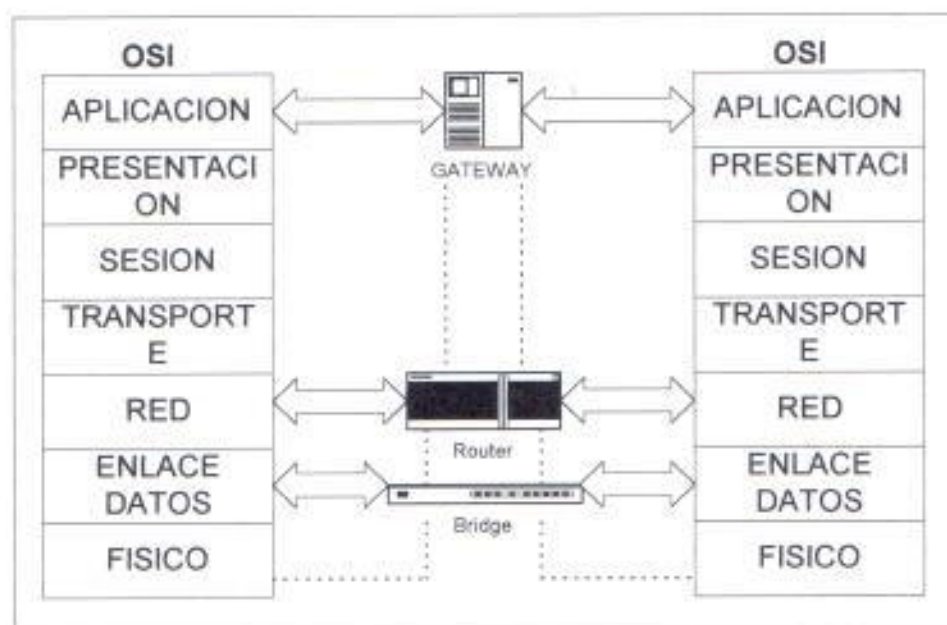


FIG. 1.5.3.2
IMPLEMENTACION DEL MODELO OSI

EL ESTANDAR IEEE 802

En febrero de 1980, IEEE inició un estándar fundamental de comunicación de redes al que llamó Proyecto 802. La familia IEEE de estándares LAN incluyen las siguientes referencias:

- 802 Overview and Architecture
- 802.1 Higher Layers and Internetworking
- 802.2 Logical Link Control (LLC)
- 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)
- 802.4 Token Passing Bus
- 802.5 Token Passing Ring

- 802.6 Metropolitan Area Network (MAN)
- 802.7 Broadband Technology Advisor Group
- 802.8 Optical Fiber Technology Advisor Group
- 802.9 Voice/Data Integration on LANs
- 802.10 Standard for Interoperate LAN Security
- 802.11 Wireless LANs

La figura 1.5.3.3 muestra un bosquejo de como se forma la estructura 802. El estándar 802 define una terminología básica que es comúnmente usada, el conocimiento de éstos términos básicos es esencial para comprender la operación de la red LAN, la terminología comprende topologías de redes, métodos de acceso a red y tecnologías de red.

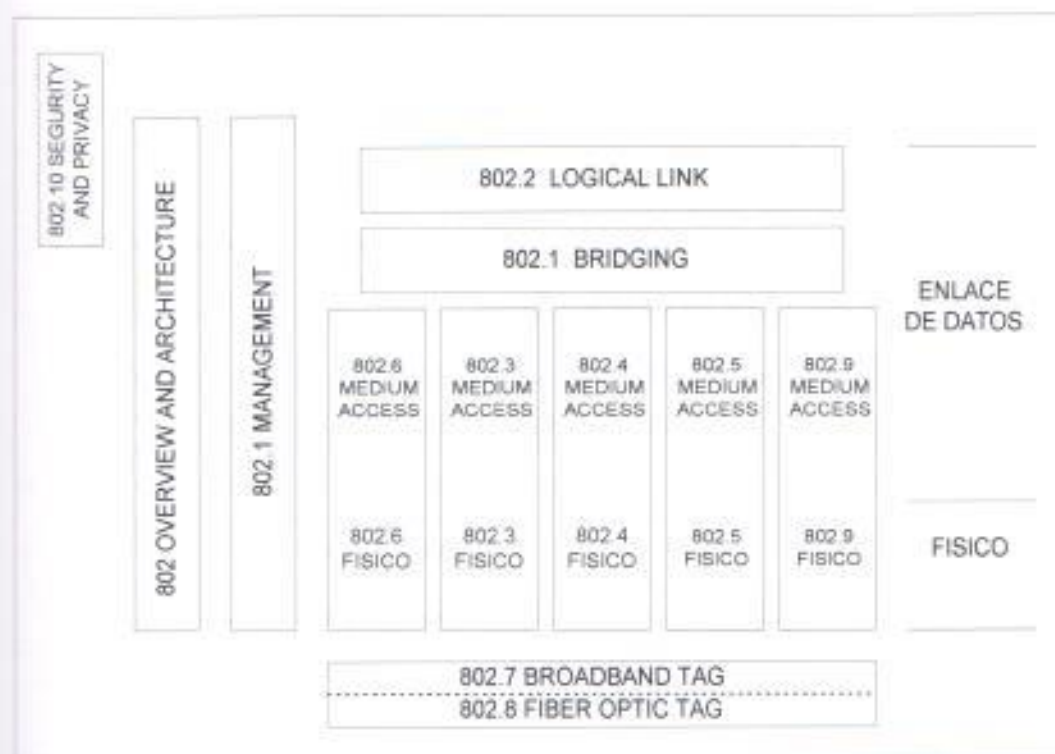


FIG. 1.5.3.3
EL MODELO IEEE 802

FUENTE: Lan Troubleshooting Handbook. Mark A. Miller.

TOPOLOGIAS DE REDES

Las topologías de redes se refieren al nivel físico o lógico de los componentes de una red. Las tres topologías básicas se muestran en la fig. 1.5.3.4 y son:

1. BUS
2. ESTRELLA
3. ANILLO (RING)

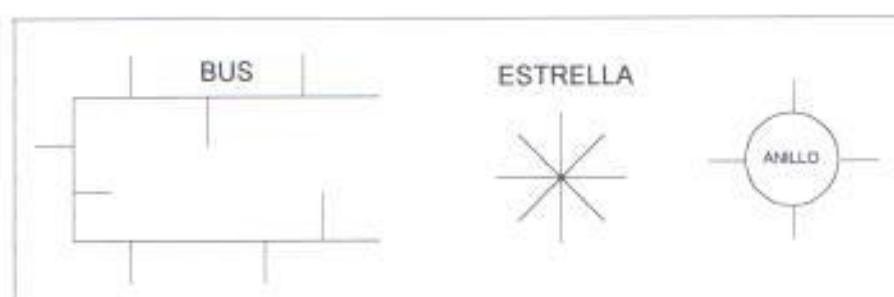


FIG. 1.5.3.4
ESQUEMAS DE TOPOLOGIAS BASICAS DE REDES

METODOS DE ACCESO A REDES

Los métodos de acceso se refieren a las reglas definidas por la red para comunicarse con todos los dispositivos en la LAN, un bosquejo de como trabajan se muestra en la figura 1.5.3.5 y en la 1.5.3.6. Los dos principales tipos de métodos de acceso son:

1. TOKEN PASSING

Una señal electrónica o "token" se mueve alrededor de la red interrogando a cada computadora, A. Si una máquina tiene información para enviar toma el token, lo etiqueta como "ocupado" y coloca el dato y dirección destino en la red, B. La máquina destino toma el dato, D; y el token regresa a la máquina

máquina que originó el envío de información, para que le quite la etiqueta de ocupado, E, lo que permite que otra máquina pueda utilizar el token, F.

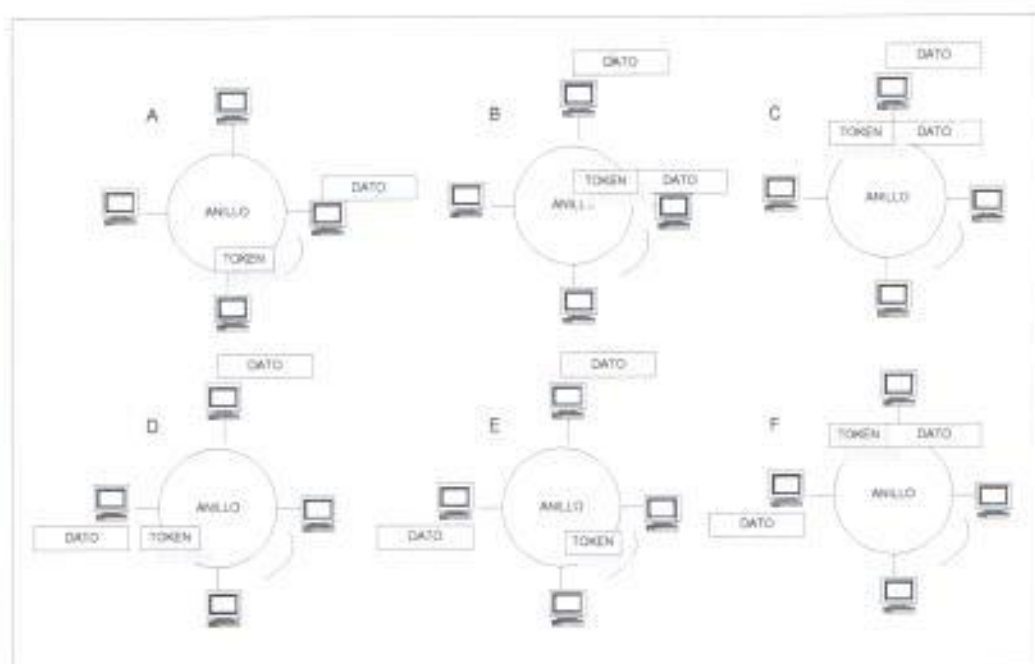


FIG. 1.5.3.5
METODO DE ACCESO TOKEN PASSING

2. CSMA/CD

Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection, cada una de las máquinas escucha a la red, y envía un mensaje cada vez que se produce un silencio. Si dos máquinas transmiten al mismo tiempo, A, la colisión entre 2 mensajes, B, causa que ambos sean eliminados, C, y una de las máquinas transmitirá luego de un intervalo, D. Este mensaje recorrerá la red; E, hasta que finalmente el mensaje llegue al destinatario, F.

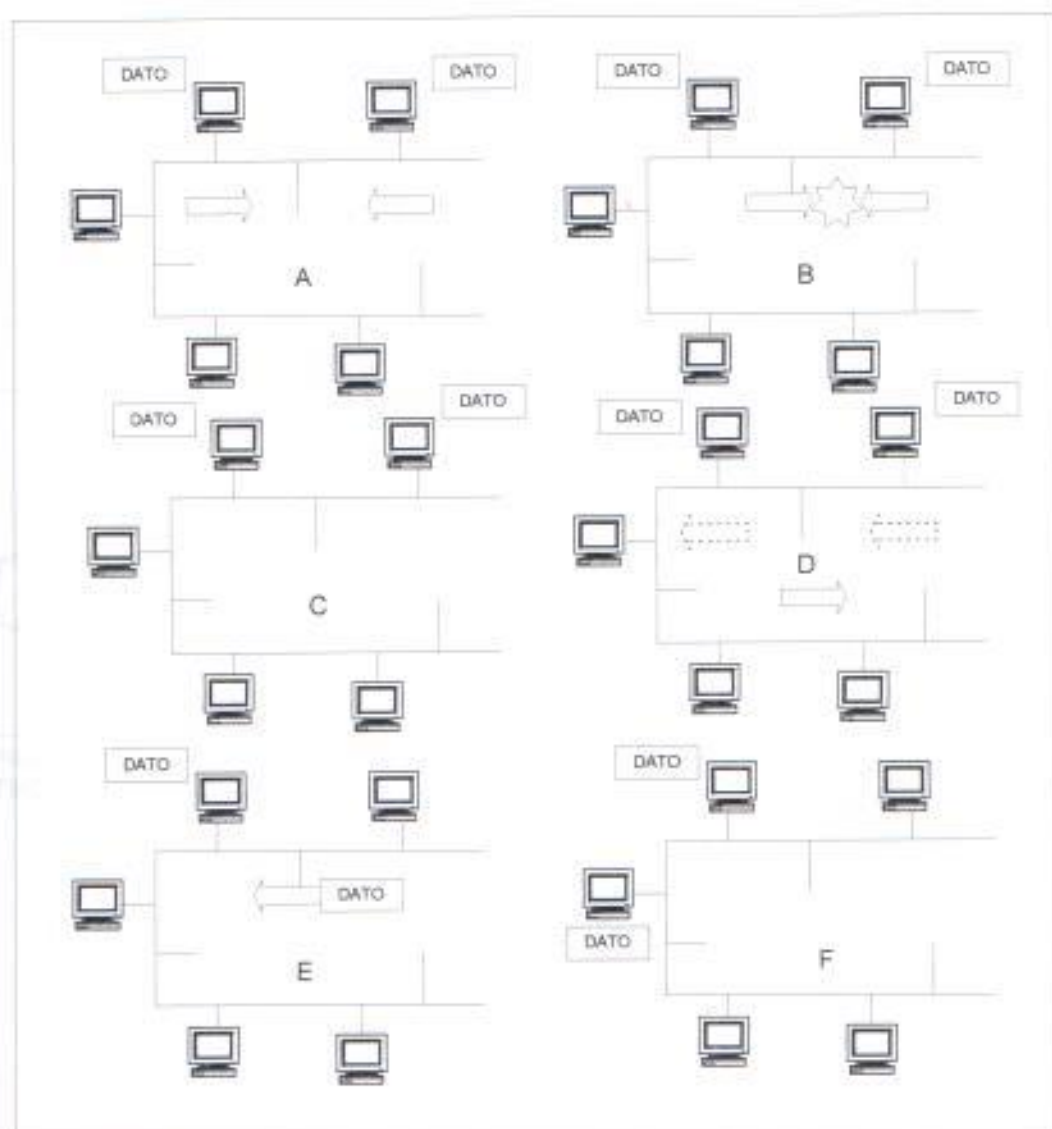


FIG. 1.5.3.6
METODO DE ACCESO CSMA/CD

TECNOLOGIAS DE REDES

Las tecnologías de Redes son combinaciones de topologías de redes y métodos de acceso usados para crear una solución de red. Algunas de las tecnologías más populares se muestran en la

fig. 1.5.3.7 y son las siguientes:

- 1.- ETHERNET = CSMA/CD + topología lógica tipo BUS
2. TOKEN RING = TOKEN PASSING + topología lógica tipo RING
3. ARNET = TOKEN PASSING + topología lógica tipo BUS

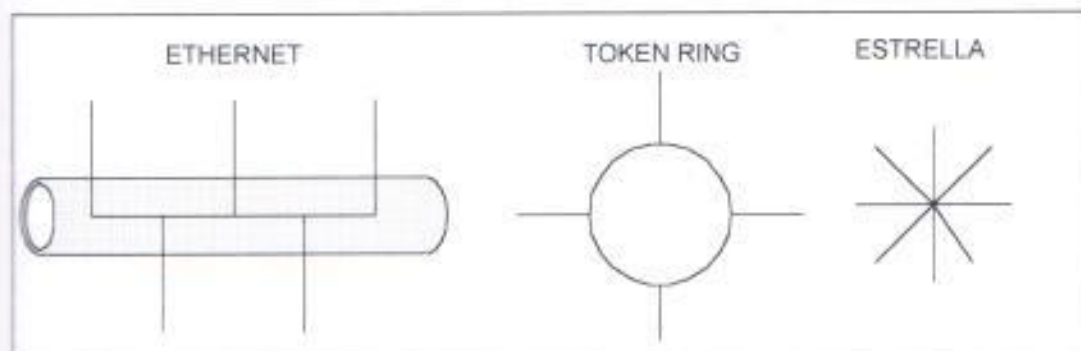


FIG. 1.5.3.7
TECNOLOGIAS DE LAN MAS POPULARES

COMPARACION ENTRE EL ESTANDAR 802 Y EL MODELO OSI

Los modelos de redes IEEE y OSI fueron desarrollados para diferentes propósitos. El modelo OSI fue desarrollado para redes de computadoras en general, y el modelo IEEE para LANs.

El estándar 802 IEEE implementa las funciones de las capas de enlace de datos y capa física en las siguientes 3 capas: la capa física, la capa de control de acceso al medio (MAC), y la capa de control de enlace lógico (LLC). Esta implementación es visible en el gráfico 1.5.3.8, en donde se muestra las 2 primeras capas del modelo OSI y las análogas a éstas en el modelo LAN.

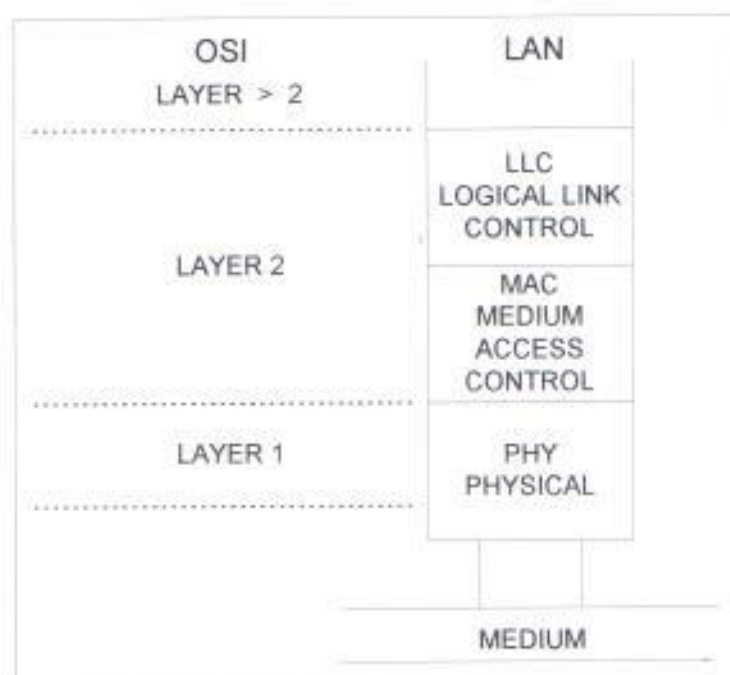


FIG. 1.5.3.8
COMPARACION ENTRE EL MODELO OSI Y EL
MODELO IEEE 802

FUENTE: Lan Troubleshooting Handbook. Mark A. Miller.

1.5.4 PRINCIPIOS DE REDES DE AREA AMPLIA .

Como consecuencia de la proliferación de redes de área local y la necesidad de comunicarlás entre sí, surgió una tecnología de interconexión que puede resultar complicada de instalar, pues puede resultar costosa y tener efectos desastrosos en el rendimiento de un sistema completo, en caso de tomar decisiones equivocadas. Indiferentemente si las conexiones puedan resultar entre ciudades o edificios diferentes, las soluciones pueden ser igualmente complicadas. Este tipo de tecnología se utiliza en Redes de Área Amplia, W.A.N.

Bridges, Ruteadores y Gateways son productos que conectan LANs. En algunos casos hay la necesidad de segmentar el tráfico de una red grande para poder incrementar su rendimiento total; la segmentación consiste en separar la red grande en pequeñas redes con la ayuda de bridges.

y de ruteadores, como se puede apreciar en la figura 1.5.4.1.

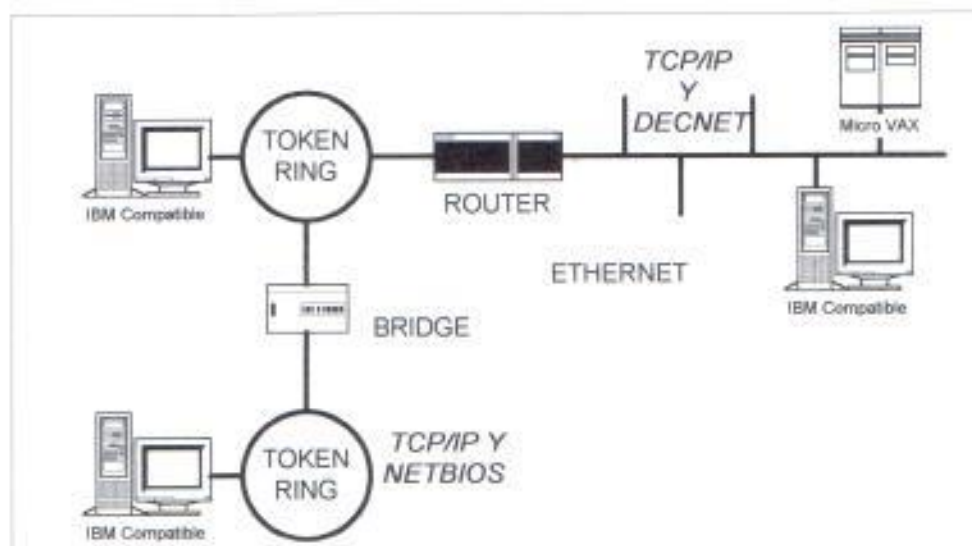


FIG. 1.5.4.1
LAN SEGMENTADA CON BRIDGE Y ROUTER

Conceder a los usuarios un acceso a servicios disponibles en otros sistemas de computadoras que estén apartados de la red local, es frecuentemente necesario en los ambientes actuales. Esto incluye proveer la habilidad de correr aplicaciones, copiar archivos hasta y desde grandes computadoras llamados hosts, mainframes, o también entre micro computadoras ejecutando diferentes sistemas operativos de redes. Muchas soluciones de conectividad de LANs a Hosts suelen ser suministradas por Gateways, los cuales convierten y trasladan mensajes entre dos o más ambientes de computadoras diferentes. La fig. 1.5.4.2 muestra gráficamente esta solución.

La aplicación del modelo OSI a ambientes como el descrito requiere incluir componentes WAN; estos componentes son nodos de subred de comunicaciones que se implementan desde la capa 1 hasta la capa 3 del modelo OSI, mientras los Hosts lo hacen desde la capa 1 hasta la 7. La capa de transporte es la primer capa punto a punto que asume posibilidad de distribución de mensajes de Hosts a Hosts.

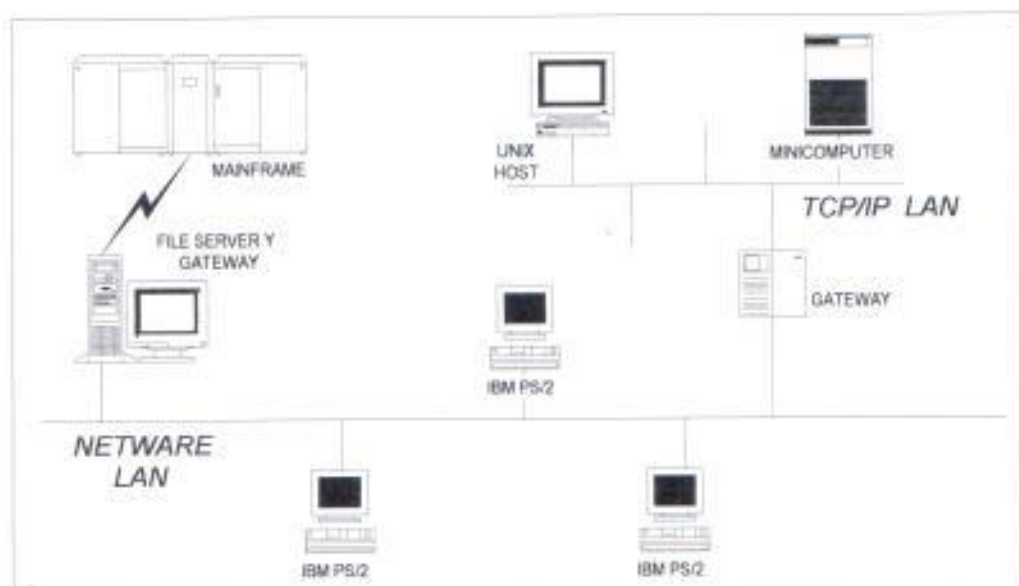


FIG. 1.5.4.2
GATEWAY CONECTANDO LANS DIFERENTES

TCP/IP

La mayoría de las redes son independientes, se establecen para servir un grupo simple. Así, los usuarios escogen una tecnología de comunicación apropiada para su propio sistema. Pero los protocolos como SDLC, HDLC son insuficientes para construir redes universales que posean distintos tipos de tecnologías, tanto de hardware como de software.

Una tecnología conocida como Integración de sistemas, o Internetworking, emerge para permitir la conexión de redes físicas distintas, haciéndolas trabajar como una sola unidad, esta tecnología facilita la comunicación entre sistemas abiertos, o sea sistemas cuyas especificaciones técnicas son públicamente conocidas, a diferencia de las especificaciones de tecnologías propietarias que son solo conocidas por los propios fabricantes.

Esta integración de sistemas abiertos se fundamenta principalmente en conjuntos de protocolos conocidos como TCP/IP, Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Esta familia de

protocolos fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y agrupa una serie de protocolos que son los que comúnmente se utilizan, a más de los propios protocolos TCP e IP; la familia incluye protocolos como Address Resolution Protocol (ARP), Internet Control Message Protocol (ICMP), User Datagram Protocol (UDP), Routing Information Protocol (RIP), Telnet, Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), Domain Name System (DNS) y otros más.

En TCP/IP, todos los protocolos son transportados a través de un paquete IP. IP es un protocolo ruteable; esto significa que si dos dispositivos en una red necesitan comunicarse usando IP, no necesitan conectarse usando el mismo cable físico, definiéndose que la dirección IP debe tener 2 componentes. Estos componentes son la dirección del componente de la red y la dirección del componente del Nodo; estos 2 componentes forman cantidades de 4 bytes (32 bits), y cada byte conocido como octeto se escribe separándolo con un punto, como se muestra a continuación:

BYTE 1 . BYTE 2 . BYTE 3 . BYTE 4

Cada octeto, a su vez, es un valor comprendido entre 0 y 255. Y para dar un mejor uso de estas direcciones se las ha dividido en clases, siendo las más importantes las clases *A*, *B* y *C*, como se resume en la figura 1.5.4.3.

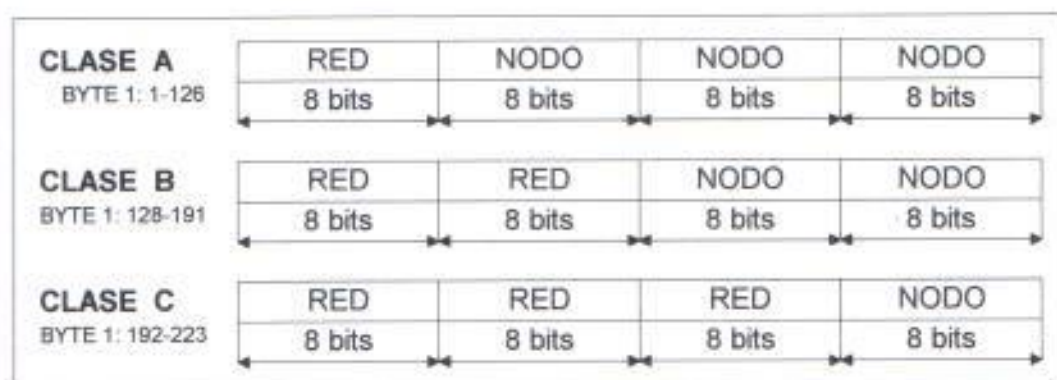


FIG. 1.5.4.3
COMPOSICION DE UNA DIRECCION IP POR SU CLASE

Actualmente el esquema de protocolos TCP/IP es ampliamente utilizado en la red Internet, de tal forma que se ha convertido en un estándar comercial para la comunicación entre redes y sistemas diferentes. En este ambiente, denominado Internetworking, ha superado ampliamente la aceptación del modelo OSI, implementado en sus inicios en redes de computadoras.

En la actualidad el modelo TCP/IP se lo implementa con un gran suceso en redes de área local, sobre todo debido a que se ha incrementado el desarrollo de aplicaciones basadas en los diversos protocolos del modelo TCP/IP. Para entender el modelo arquitectónico que sigue TCP/IP, en la figura 1.5.4.4 se esquematiza su modelo de protocolos, en donde se puede observar el nivel en que trabajan los dos principales protocolos de TCP/IP: IP y TCP. En este gráfico se realiza una comparación entre las capas que constituyen el modelo OSI y las capas del modelo TCP/IP.

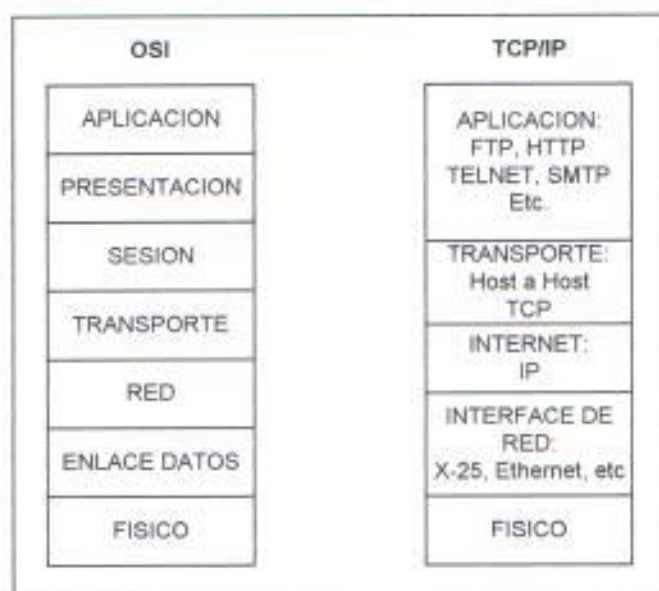


FIG. 1.5.4.3

REPRESENTACION DEL MODELO OSI Y TCP/IP

FUENTE: Data and Computer Communication, W. Stallings

El gráfico 1.5.4.3 muestra el nivel que ocupan los dos protocolos más utilizados en Internet: IP y TCP; tanto para rutear información entre redes diferentes (IP), como para transportar los datos entre 2 o más hosts ubicados en esas redes diferentes, trabajo realizado comúnmente por TCP.

CAPITULO 2

ESTADO ACTUAL DE LA COMUNICACIÓN PÚBLICA EN GUAYAQUIL

2.1 INTRODUCCION

Entender la tendencia actual de las telecomunicaciones en Guayaquil no es solo una consideración puramente tecnológica; está, más bien, enmarcada en un proceso de globalización de la economía y de la información. Esta tendencia global involucra la búsqueda por encontrar políticas que establezcan la formación de un mercado común y abierto a todos los países del planeta. El mercado incluye no solo factores económicos, sino también aspectos sociales, culturales y de servicios varios. Este proceso en América Latina coincide, también, con hechos políticos y sociales; en la mayoría de los países se viven épocas de post-guerra, en que la paz de la región debe entenderse como una gran oportunidad para alcanzar el progreso y el desarrollo tan esquivos y lejanos para países como el nuestro. Las comunicaciones, la tecnología de la información, son medios necesarios para alcanzar tales objetivos.

En la subregión andina, países como Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú han iniciado una serie de actividades conjuntas con la finalidad de instaurar y fortalecer la comunicación entre ellos utilizando una infraestructura moderna, que cuente con los grandes adelantos y desarrollos tecnológicos que existen en la actualidad. Así, este proceso se inició con la elaboración del Plan Maestro del Sistema Andino de Telecomunicaciones para el periodo 1994-2000, que es coordinado por la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Acuerdo Subregional Andino, ASETA; con apoyo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, y con la participación directa de las empresas miembros

de ASETA: CANTV de Venezuela, TELECOM de Colombia, EMETEL (hoy Pacifictel y Andinatel) de Ecuador, TELEFONICA del Perú y ENTEL de Bolivia.

Guayaquil, como polo económico del Ecuador, se ve directamente afectada por las resoluciones que a nivel global se tomen en los procesos de telecomunicaciones de América Latina. Esta incidencia es notoria en los procesos de privatizaciones en que ha estado envuelta la empresa de telecomunicaciones de la ciudad, Pacifictel. En los siguientes párrafos se analizarán aquellos procesos que afectan muy profundamente la actual estructura jurídica y operativa de Pacifictel.

El Plan Maestro del Sistema Andino de Telecomunicaciones que se estructuró en el año 1993, incluye diagnósticos de la situación de las telecomunicaciones en la subregión, estudios de demanda y tráfico, diseño de la estructura, dimensionamiento de la red, análisis de aspectos operacionales y comerciales, consideraciones de tipo tecnológico, desarrollo del recurso humano, evaluación económica financiera, definición de objetivos y determinación de prioridades. Su ejecución se inició en el año 1994, y cada año se realiza una revisión de los avances, para así realizar reajustes necesarios a través de la Comisión de Planificación integrada por delegados de las Empresas Miembros de ASETA.

La intención máxima del Plan Maestro del Sistema Andino de Telecomunicaciones es la elaboración de Estudios, Proyectos y Eventos para el desarrollo de las telecomunicaciones de la subregión en base a varias disposiciones, entre las principales mencionamos las siguientes:

CORREDOR ANDINO DIGITAL.- Conformado por rutas terrestres, satelitales y submarinas que integrarán totalmente y de manera digital a los 5 países de la subregión andina, y a su vez a esta con el resto del planeta. Aunque su fecha de culminación inicial, 1998, no se ha cumplido; se debe decir que al menos las rutas terrestres y el tendido de la fibra submarina están por concluirse.

Las rutas terrestres consisten de sistemas de transmisión de las redes nacionales y se interconectan en las fronteras con uso de enlaces de microondas o fibra óptica; las rutas satelitales utilizan estaciones terrenas existentes en cada país, unidas con enlaces multipuntos hacia un satélite común. Las rutas submarinas utilizan fibra óptica submarina que unirá centros de conmutación de cada país; además, se estudian y desarrollan planes para la introducción de centros con tecnología ATM (Asynchronous Transfer Mode) que permitan el manejo de datos, voz e imagen.

CABLE SUBMARINO PANAMERICANO.- Integra la mayoría de países americanos, con tramos en los Océanos Pacífico y Atlántico. El contrato para el trazado de la fibra se suscribió en 1996; el mismo que posee una longitud aproximada de 7.500 Kilómetros, utiliza Jerarquía Digital Síncrona y tiene una vida útil de 25 años.

PROYECTO SATELITAL ANDINO SIMON BOLIVAR.- Tiene el objetivo de dotar a la región andina de un sistema satelital que cubra una demanda significativa de telefonía básica y mejore los servicios para la transmisión de datos y servicios de radiodifusión hacia el hogar. En este proyecto participan inversionistas privados de cada país, y miembros de ASETA. Aunque se tenía previsto su culminación a mediados del año 2000, debido a retardos se realizan acuerdos para operar un tipo de solución temporal a través de la explotación comercial del Sistema de Satélites Mexicanos. La figura 2.1.1 muestra un cuadro comparativo de los procesos de privatizaciones-liberaciones en el continente suramericano.

Con antecedentes como los descritos en cada uno de los proyectos de la subregión andina no se puede objetar el desarrollo de las comunicaciones en nuestro país; y es propósito de esta tesis fortalecer la idea de que necesitamos un sistema de comunicaciones a la par de nuestros vecinos fronterizos; es esencial, entonces, entender la situación actual de nuestro país, y particularmente de Guayaquil, en

las áreas de las comunicaciones.



FIG. 2.1.1
ESTRATEGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN SUDAMERICA
FUENTE: GLOBAL INFORMATION, INC HOME PAGE

Definir la situación de la comunicación pública en Guayaquil, no es sino una revisión del estado de las comunicaciones en América Latina durante esta última década. Sin embargo, a escasos días del año 2000, no es posible establecer una similitud con los países vecinos Colombia y Perú; en ambos países las comunicaciones públicas han sido objeto de varias privatizaciones que han elevado el nivel tecnológico de sus servicios y equipos de comunicaciones. Como se demuestra en el gráfico 2.1.1, en que se observa que la privatización del sector de las telecomunicaciones se encuentra en un estado de retraso con relación a la mayoría de los países suramericanos. Hallándose como única alternativa, al momento, para mejorar los servicios de telecomunicaciones el tener que privatizar y liberalizar estos servicios, sin duda, una tendencia que cobra mucha fuerza surgida de la ineficiencia de los estados para elevar la calidad y cantidad de servicios básicos de desarrollo y bienestar general.

2.2 MARCO LEGAL DE EMETEL

Emetel, un monopolio estatal de las telecomunicaciones en Ecuador, se creó en Octubre de 1972 bajo la dictadura militar del General Guillermo Rodríguez Lara. Nació originalmente con el nombre de IETEL, Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones, y fue durante toda su existencia blanco de revisiones y aprobaciones de parte de múltiples agencias gubernamentales con la finalidad de lograr mejorar las limitadas prestaciones de servicios.

A pesar de todas las intenciones de mejorar el servicio que prestaba IETEL, se hacía más notoria una limitada capacidad para operar y mantener su planta externa, evitar congestión del tráfico entre las centrales, y considerable limitación en la generación de recursos propios, políticas que limitaban la capacidad de inversión; en fin, su mérito fue haberse creado. Pero se requería replantear todo su esquema legal y permitir de esta manera un mejoramiento en la calidad y cantidad de servicios.

En mayo 19 de 1993, el presidente constitucional Sixto Durán-Ballen anunció que la privatización de la compañía estatal de telecomunicaciones era parte de su plan de gobierno. Finalmente en agosto 30 de 1995, las enmiendas a la ley de Telecomunicaciones fueron aprobadas y se creó las bases legales para un proceso de privatización. Esta ley tenía como finalidad transformar al monopolio estatal de telecomunicaciones en una corporación de servicios denominada EMETEL S.A., Empresa Estatal de Telecomunicaciones, y de tal manera permitir la apertura a la inversión privada en el sector mediante la concesión de ésta. Los concesionarios ganadores tendrían un periodo de exclusividad de 5 años para operar y para ofrecer servicios de telefonía local e internacional, servicios de portadoras, además de la renta de circuitos y líneas inalámbricas y alámbricas. Sumándose servicios adicionales que aún no se consideraban en los servicios actuales como, por ejemplo, la liberación de servicios de ISDN, Red Digital de Servicios Integrados.

EMETEL fue establecida como corporación en julio 31, 1996 y registrada en la Superintendencia de compañías y registro mercantil en octubre 3, 1996. Como su socio accionario fue creado el Fondo de Solidaridad, con la finalidad de controlar los recursos originados en la privatización y para que sean invertidos en educación, salud y programas de bienestar social del Ecuador, y en operaciones de alta rentabilidad como la emisión de obligaciones en el exterior, ratificando el estado, así, su voluntad de modernizar sus telecomunicaciones al permitir la inversión privada nacional o extranjera a través de la venta pública de sus acciones a operadores internacionales calificados.

Actualmente las agencias de telecomunicaciones estatales envueltas en el proceso de privatización de EMETEL son:

- Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL.
- Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL.
- Comisión de Modernización de Telecomunicaciones, COMOTEL.
- Consejo Nacional de Modernización, CONAM; y el
- Fondo de Solidaridad.

Con la integración de estas agencias se iniciaron los procesos necesarios para alcanzar los objetivos de privatización. Así, en Mayo de 1994, se convocó a un concurso internacional de licitación con el objeto de seleccionar una firma consultora que ayude en el proceso de valorización y en los estudios técnicos, financieros y legales de EMETEL. Seleccionándose a la empresa consultora venezolana Gerasin; además, de haberse contratado a la IFC, Consultora Financiera Internacional, entidad del Banco Mundial, para que participe desde el inicio del proceso como banca de inversión, e identifique inversionistas potenciales y califique la información a entregarse a los operadores internacionales.

En noviembre 25, 1996, COMOTEL precalificó 5 operadores: Stet de Italia, GTE de Estados Unidos, MCI Internacional, Telefónica de España y Korea Telecom. En junio 2, 1997, los documentos para

el remate fueron vendidos; pero solo los adquirieron Stet, Telefónica de España y GTE. En un gran esfuerzo por interesar a más operadoras internacionales; en agosto 22 de 1997 se reabrió el proceso de calificación para las operadoras que desearan participar en la subasta pública internacional; se logró interesar a 3 operadoras adicionales: British Telecom del Reino Unido, Telmex de México y Bezeq Globe de Israel.

Mientras se continuaba con el proceso de la subasta pública, en septiembre 26 de 1997, EMETEL fue oficialmente escindida en 2 compañías: Andinatel y Pacifictel. Andinatel cubre la región sierra, y Pacifictel la región costa y a un sector de la región de la amazonía. Sin embargo, EMETEL S.A. no se eliminó, se transformó en una corporación no operacional para manejar las deudas y los activos improductivos que dejaba el proceso.

En noviembre de 1997, COMOTEL difundió un precio base de 1.824 millones de dólares para el 100% de las acciones de EMETEL. Gerasin había establecido un precio base de 831 millones de dólares por el 100% de las acciones de Andinatel S.A., y 993 millones de dólares por el 100% de las acciones de Pacifictel S.A.. El precio mínimo a subastar es del 35% de cada una de las 2 empresas; es decir, de 291 millones de dólares para Andinatel y 348 millones de dólares para Pacifictel. A tales valores se suman unos 2505 millones de dólares que el estado ecuatoriano debe recibir en los próximos 5 años por concepto de impuestos a la renta.

La fecha de subasta establecida para Noviembre 20 de 1997, fracasó y todos los intentos siguientes por lograr el éxito de la privatización de EMETEL S.A. tampoco han tenido éxito. Atribuyéndose los fracasos a la poca garantía que ofrece el país como sujeto de inversión, a la inestabilidad económica y malestar social; además, el mercado en sí, dividido en 2 regiones, resultaría poco atractivo para las operadoras. Esto impulsó una propuesta para que el Congreso Nacional apruebe la reforma a la Ley

de Telecomunicaciones para que las 2 empresas escindidas, Andinatel y Pacifictel, se vendan a un operador internacional. Corriente que tiene sus detractores a nivel interno del país pues se corre el peligro de eliminar la competencia al permitir que las 2 compañías nacionales de telecomunicaciones sean manejadas por un solo consorcio. Finalmente, esto no llegó a cristalizarse; pero continúa la gran incertidumbre respecto a la privatización de EMETEL. En la actualidad no existen novedades en el proceso de privatización, éste continúa detenido.

2.3 ESTADO ACTUAL DE LAS PRESTACIONES DE SERVICIOS OFRECIDAS POR EMETEL

Las prestaciones inicialmente ofrecidas por EMETEL, son ahora potestad de las empresas escindidas de aquella, Pacifictel y Andinatel. Pacifictel, para la cobertura del área de Guayaquil, sufre procesos de modernización de sus sistemas de telecomunicaciones y de servicios que son en su gran mayoría fruto de una convivencia entre el sector gubernamental y el sector privado; éste último integrado al engranaje de la modernización a través de niveles ejecutivos en Pacifictel.

El sector privado está de esta manera, inyectando capacidad administrativa para mejorar los servicios que ofrece Pacifictel. Tal vez, esta intención se visualice mejor en la máxima, simple pero profunda, impuesta por la actual administración como es la de considerar al tradicional prestatario de los servicios de telefonía como un cliente, más no como un abonado. Tal cambio en la definición del abonado, es sin duda un recurso de mercadeo que se orienta a cambiar la imagen negativa de los servicios que se han prestado a través de la escindida Emetel.

Pero no todo marcha con la celeridad que se espera, impedimentos legales y ópticas distintas para ver la necesidad de modernizar Pacifictel han contribuido a que los objetivos sean una tarea complicada de cumplir; sùmese a esto, como se explicó en la introducción de este capítulo, el hecho de que la situación socioeconómica de nuestro país no ofrece las garantías suficientes para atraer capitales de

riesgo que quieran invertir en el área de las telecomunicaciones.

En la actualidad, Pacifictel está inmersa en un proceso continuo de mejoramiento de sus servicios con la finalidad de elevar el nivel de valorización que posee, y de esta manera lograr una situación óptima cuando llegue el momento de su venta a operadoras extranjeras. En este esquema entra, sin duda, uno de los mayores problemas de Pacifictel, como es la demanda insatisfecha del servicio telefónico, que se debe, en gran medida, al déficit de su planta externa, la que básicamente está constituida por redes telefónicas limitadas en calidad y cantidad. Provocando de esta manera que no se pueda usar en toda su capacidad las diferentes centrales telefónicas públicas que posee; para contrarrestar el déficit, Pacifictel ha emprendido la expansión de sus redes telefónicas primarias, y la digitalización de la gran mayoría de sus enlaces intercentrales.

Siendo su planta externa y su sistema de conmutación la base para mejorar y ampliar los servicios, es importante mencionar actualmente los valores que poseen tanto Andinatel como Pacifictel. Ambas empresas poseen aproximadamente una capacidad instalada de 1'700.000 líneas telefónicas, con una demanda insatisfecha de casi 1'300.000 de líneas telefónicas, obteniendo en total unos 3'000.000 de líneas telefónicas requeridas. De estos valores, 30% del 1'700.000 de líneas telefónicas están fuera de servicio, y 30% son análogas y serán reemplazadas por líneas digitales. Así, se puede concluir que Pacifictel opera con un servicio de calidad bajo en estándares internacionales. El cuadro 2.3.1 muestra los valores actuales y los esperables para el año 2005.

Como se observa en la tabla 2.3.1, la cobertura y eficiencia que posee Pacifictel es bastante pobre, la mayoría de estos valores están por debajo del 50% de atención. Tan solo el porcentaje de tono para marcación tiene un valor adecuado, 94%; de tal forma que la baja calidad de los servicios y la presión por la demanda de nuevos servicios da un amplio margen para la inversión. Los valores a esperarse

para el año 2005 son parámetros a solicitar y que deben cumplir los operadores que ganen la licitación.

	SITUACION PRESENTE	SITUACIÓN AL AÑO 2005
LLAMADAS COMPLETADAS	47%	60%
DEFICIENCIAS POR CADA 100 LINEAS	6%	3%
TONO DE DIAL	94%	98%
DEFICIENCIAS REPARADAS EN 48 HORAS	48%	85%
SATISFACCION DEL CLIENTE	47%	69%
SERVICIO DE RESPUESTA DEL OPERADOR	20 SEGUNDOS	6 SEGUNDOS

TABLA 2.3.1

SITUACION ACTUAL Y PROYECCION DE LOS SERVICIOS TECNICOS DE PACIFICTEL

FUENTE: LEADING (US&FCS International Marketing Insights) Web Site.

Los datos de las estadísticas operacionales se muestran en el cuadro 2.3.2. Estos valores también se espera mejorar con la finalidad de brindar un mejor servicio.

	1996	2005
LINEAS LOCALES	1'071.871	2'117.000
CLIENTES	749.756	1'950.000
TELEFONOS PUBLICOS	3.052	38.000
USO DE LA RED	70%	92%
AUTOMATIZACION	99%	100%
DIGITALIZACION	70%	100%
CLIENTES POR CADA 100 HABITANTES	6.5%	14%
EFICIENCIA (TRABAJADORES POR CADA 100 HABITANTES)	7.3	6.0

TABLA 2.3.2

ESTADISTICAS OPERACIONALES DE PACIFICTEL

FUENTE: LEADING (US&FCS International Marketing Insights) Web Site.

En lo relativo a los servicios de telecomunicaciones prestados por Pacifictel, éstos se categorizan en servicios de telefonía, circuitos para transmisión de datos y servicios adicionales (traslados, servicios de operadora, suspensión temporal de la línea, etc.) El detalle de las 3 categorías de servicios, junto con sus tarifas respectivas a Abril 1 de 1998, se muestra en las tablas 2.3.3, 2.3.4 y 2.3.5.

SERVICIOS DE TELEFONIA					
	UNIDAD	TARIFA (SUCRES)	IMPUESTOS (SUCRES)	TOTAL (SUCRES)	OBSERVACION
DERECHOS DE INSCRIPCION	A: POR LINEA	NO DISPONIBLE			POPULAR, RURAL, MARGINAL, ORIENTE GALAPAGOS, FRONTERA RESIDENCIAL, ESTADO PUBLICO, UNIVERSIDAD NI A NI B
	B: POR LINEA	1'600.000	192.000	1'792.000	
	C: POR LINEA	3'500.000	420.000	3'920.000	
PENSION BASICA	POR MES	10.000	2.500	12.500	A: 300 MTOS LIBRES B: 200 MTOS LIBRES
	POR MES	20.000	5.000	25.000	
	POR MES	40.000	10.000	50.000	
TARIFAS DE USO LOCAL	POR MINUTO	50	6	56	
	POR MINUTO	50	6	56	
	POR MINUTO	250	30	280	
TARIFAS DE USO REGIONAL	POR MINUTO	100	12	112	
	POR MINUTO	100	12	112	
	POR MINUTO	500	60	560	
TARIFAS DE USO NACIONAL	POR MINUTO	200	24	224	
	POR MINUTO	200	24	224	
	POR MINUTO	1000	120	1120	
TARIFAS DE CELULAR	POR MINUTO	1800	216	2016	
TARIFAS DE USO INTERCIONAL (DOLARES)	POR MINUTO	0.80	0.20	1.00	PACTO ANDINO RESTO DE AMERICA EUROPA Y JAPON RESTO DEL MUNDO MOBIL MARITIMO
	POR MINUTO	1.00	0.25	1.25	
	POR MINUTO	1.60	0.40	2.00	
	POR MINUTO	1.90	0.48	2.38	
	POR MINUTO	7.50	1.88	9.38	
TARIFAS DE TELEFONOS PUBLICOS	POR MINUTO	300	75	375	LLAMADA LOCAL REGIONAL NACIONAL INTERNACIONAL
	POR MINUTO	700	175	875	
	POR MINUTO	1.200	300	1.500	
	POR MNUTO	13.200	3.300	16.500	

TABLA 2.3.3

SERVICIOS DE TELEFONIA

FUENTE: PACIFICTEL S.A, FEBRERO 28, 2000. WEB SITE.

En la tabla 2.3.3 se establecen cada uno de los rubros que cobra Pacifictel para las 3 categorías de líneas telefónicas: marginal, A, residencial, B; y comercial, C. Para cada una de las 3 categorías, los valores por concepto de pensión básica, de tarifas locales y nacionales, varían según la categoría y el tiempo de uso; no así los valores de uso hacia celular, tarifas internacionales y de teléfonos públicos que son tarifas aplicables a todas las categorías.

En la tabla 2.3.4 se muestran los rubros para los servicios de transmisión de datos. Estos servicios de transmisión de datos se ofrecen en fracciones de nx64Kbps hasta los 2.048Mbps en forma de circuitos permanentes locales, es decir se ofrece una conexión permanente entre 2 puntos extremos que son los que designa el abonado. Los derechos de inscripción varían, también, según sea el servicio local, nacional o internacional, debido a que en este rubro varía el medio de transmisión usado.

CIRCUITOS PARA TRANSMISION DE DATOS					
	UNIDAD	TARIFA (SUCRES)	IMPUESTOS (SUCRES)	TOTAL (SUCRES)	OBSERVACION
DERECHOS DE INSCRIPCION	LOCAL	1290000	154000	1444000	
	NACIONAL	2580000	309600	28896000	
	INTERNACIONA	\$600	\$72	\$672	
TRASLADOS	LOCAL	780000	93600	873600	
	NACIONAL	1560000	187200	1747200	
CIRCUITOS PERMANENTES LOCALES (Kbps)	64	950.000	237.500	1.187.000	
	128	1.900.000	475.000	2.375.000	
	256	3.800.000	950.000	4.750.000	
	512	5.700.000	1.425.000	7.125.000	
	1.024	11.400.000	2.850.000	14.250.000	
	1.544	17.100.000	4.275.000	21.375.000	
2.048	19.000.000	4.750.000	23.750.000		

TABLA 2.3.4

CIRCUITOS PARA TRANSMISION DE DATOS

FUENTE: PACIFICTEL S.A, FEBRERO 28, 2000. WEB SITE.

	TARIFA (SUCRES)	OBSERVACION
SERVICIOS DE OPERADORA		1.3 VECES LA TARIFA DE USO TELEFONICO AUTOMATICO CORRESPONDIENTE A LA CATEGORIA "C"
TRASLADOS	163500	TRASLADOS POR CADA OCASION
SERVICIOS ADICIONALES	54000	CAMBIO NUMERO POR CADA OCASION
	36000	SUSPENSION TEMPORAL POR MES
	36000	BLOQUEO DE LARGA DISTANCIA NACIONAL
	36000	BLOQUEO POR LARGA DISTANCIA INTERN.
SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	181000	CAMBIO DE CATEGORIA
	12000 POR MES	MARCACION ABREVIADA
	12000 POR MES	TRANSFERENCIA DE LLAMADA
	12000 POR MES	LINEA CONMUTADA DIRECTA
	20000 POR MES	LLAMADA EN ESPERA
	18000 POR MES	CAMBIO DE CODIGO
6000 POR MES	FACTURACION DETALLADA	
30000 POR SEMA	DETECCION DE NUMERO ENTRANTE	

TABLA 2.3.5

TARIFAS ADICIONALES

FUENTE: PACIFICTEL S.A, FEBRERO 28, 2000. WEB SITE.

Tal vez el ejemplo más claro del nuevo giro que están tomando las prestaciones de Pacifictel sean los nuevos servicios que ofrecerá, como acceso a Internet. El servicio involucra toda una variedad de recursos a prestar como DNS (Domain Name System), MAIL (correo electrónico), Web Server que incluye prestación y creación de sitios para difusión de información particular hacia la Internet. Los servicios utilizarán los enlaces directos y conmutados que Pacifictel tiene actualmente en operación, lo cual le dará una ventaja sumamente grande frente a los proveedores privados que ofrecen servicios a clientes corporativos, pues Pacifictel dirige su atención a clientes que usen enlaces directos iguales o mayores a 64 Kbps, e incluso a aquellos que utilizan enlaces de discado (dial-up).

Aunque el área de cobertura solicitado por Pacifictel a SENATEL, sea para las ciudades de Cuenca, Quito y Guayaquil, se prevé gran competencia para los proveedores privados de Internet, los cuales seguramente deberán orientar sus políticas de mercadeo hacia otras provincias cuyo mercado aún no ha sido explotado.

La integración de Pacifictel a la red Internet le permitirá desarrollar nuevos servicios que le permitan mejorar la atención a sus clientes; los servicios pueden ser: consulta en línea de planillas telefónicas con acceso libre; solicitudes, cancelaciones y reclamos en línea de los servicios telefónicos que preste, es decir, se mejorará notablemente la recepción de los servicios que requieran los abonados actuales. En la actualidad Pacifictel ofrece servicios personalizados a sus clientes mediante la activación de servicios a través de la serie de números 1-800 y 1-700. Lamentablemente, el uso de esta tecnología no significa necesariamente una mejora inmediata y efectiva en la atención al cliente, pues para que esta estrategia de resultados deberá prepararse a toda la estructura de empleados que de manera directa o indirecta manejan la operación de los recursos de Pacifictel.

2.4 RED TELEFONICA DE EMETEL.

Aunque la red telefónica pública comprende tanto la distribución de las redes de cobre que llegan hasta los abonados, como los enlaces intercentrales, en este subcapítulo se cubrirá tan solo las redes de cobre, también conocidas como planta externa. De tal forma que el estudio por separado de estas 2 redes se basa en la consideración de que la red de cobre es básicamente analógica, y la red de enlaces entre las centrales de Pacifictel es digital en su totalidad.

La distribución de la planta externa se realiza a través de n pares de cobre (cables multipares) que parten de una central telefónica hacia un armario de distribución ubicado de manera estratégica en diferentes zonas residenciales o comerciales. Una consideración a tener en cuenta es que estas redes están, sin duda, sujetas a las diferentes condiciones físicas o ambientales en las que se encuentra la canalización de Pacifictel. Es común que debido a estas condiciones climatológicas propias de nuestra región, la humedad interfiera las líneas telefónicas con la respectiva pérdida del servicio telefónico por parte del abonado. A más de sabotajes físicos que se realizan con los cables multipares que llegan hasta los diferentes armarios de distribución.

Inicialmente esta red cubría la transmisión de servicios de voz, por lo cual si existía una necesidad de transmitir datos, éstos debían modularse con un ancho de banda máximo de 3.5KHz. Tal limitación en el ancho de banda y tipo de información que se transmite produce que el sistema de planta externa no sea el más adecuado para transmitir información diferente a voz.

Un intento por mejorar el servicio de transmisión de datos por parte de Pacifictel, fue la creación de una compañía que se encargue de la comercialización de líneas digitales. Lamentablemente desde el inicio este tipo de servicio ha sido deficiente, tanto en la calidad del servicio prestado, como en la rapidez de la solución a los problemas presentados. La compañía encargada de la comercialización de líneas digitales se llama Teleholding, que de manera concreta alquila circuitos dedicados locales, y

utiliza enlaces de cobre propios que van desde la central telefónica más cercana al abonado, hasta las instalaciones de éste.

El dimensionamiento y la capacidad de líneas telefónicas que cubre la planta externa de Pacifictel se analiza en capítulos posteriores, cap. 5, en donde se requerirá un análisis minucioso del porcentaje de líneas que existen en los diferentes sectores de Guayaquil.

2.5 RED DIGITAL DE EMETEL.

La red digital de Emetel, que comprende para nuestro caso Pacifictel en Guayaquil, está formada por los circuitos dedicados que renta Teleholding y, además, por los enlaces intercentrales digitales que son de fibra óptica en su totalidad. Se entiende, por lo tanto, que el servicio desde el abonado hasta las centrales es analógico, y desde ahí hacia otra central es digital, para nuevamente ser analógico en el momento en que sale de la central para llegar hacia el abonado destino y así completar la llamada, o cerrar el circuito.

Los enlaces intercentrales de Pacifictel lo conforman 2 tipos de redes, la red de fibra óptica de Alcatel y la red de fibra óptica de Ericsson. Las 2 redes tienen un área de cobertura diferente, y capacidad de transmisión también diferente. Así, la red de Ericsson posee capacidad de transmisión a nivel de 34 Mbps y 140 Mbps; mientras que la red de Alcatel tiene tasas de transmisión más elevadas, de 140 Mbps y 565 Mbps. Ambas redes utilizan cable canalizado de 6 pares.

La existencia de estos enlaces intercentrales le permite a Pacifictel tener la más alta tecnología entre las diferentes centrales de Guayaquil; sin embargo, esta calidad de servicio se pierde al momento de entregar el servicio al abonado, por cuestiones ya mencionadas en el subcapítulo anterior. El tener digitalizados casi en su totalidad estos enlaces intercentrales le permite a Pacifictel aumentar de manera paulatina la calidad y variedad de servicios que ofrece al usuario final. Entre los servicios se

encuentran detección del número entrante, llamada en espera, etc.; sin embargo, todos estos servicios son limitados si tomamos en cuenta que existe un campo muy grande que aún no ha sido explotado por los servicios de Pacifictel; siendo sin lugar a dudas, la explotación de servicios agregados y el mejoramiento para la transmisión de información tan distinta como voz, video, imágenes e incluso sonido.

Talvez, un intento por brindar a futuro estos servicios sean los estudios y diseños preliminares que se han realizado con la finalidad de establecer una red totalmente digital y con tecnología de punta, como por ejemplo ATM, que interconecte cada una de las centrales de Pacifictel. Esta red permitiría poder establecer un sistema de transmisión capaz de manejar información proveniente de diferentes fuentes de datos, estos estudios, preliminares en sí, se basan en enlaces bastantes limitados, con una capacidad de 155 Mbps que no podrían manejar la totalidad del tráfico de una central de Pacifictel, pero sin lugar a dudas, establece la necesidad de brindar servicios diferentes a los tradicionales de voz o datos.

Consideración importante con el actual sistema de Pacifictel, es que al tener digitalizados los enlaces intercentrales se establece una base para ofrecer una variedad más amplia de servicios, como podrían ser aquellos de ISDN, ya liberados en junio de 1999, xDSL, e incluso Frame Relay. Esta variedad de servicios que se ofrecen mejoraría notablemente el desarrollo de las comunicaciones en Guayaquil, pues se aplicaría tecnología muy utilizada en el exterior, con lo cual se mejoraría el acceso a sistemas del exterior que trabajan con estándares que aún no son utilizados en nuestro país.

En los gráficos 2.5.1 y 2.5.2 se muestra la distribución que tienen las 2 redes de fibra óptica que posee Guayaquil, las redes de Ericsson y Alcatel. Ambas redes utilizan cable canalizado monomodo de 6 Pares, estando distribuidas a través de toda la ciudad. En los dos gráficos se puede establecer que existen enlaces directos entre diferentes centrales telefónicas, y a la vez cada una de dichas centrales

sirve como central de paso para el tráfico telefónico entre centrales vecinas.

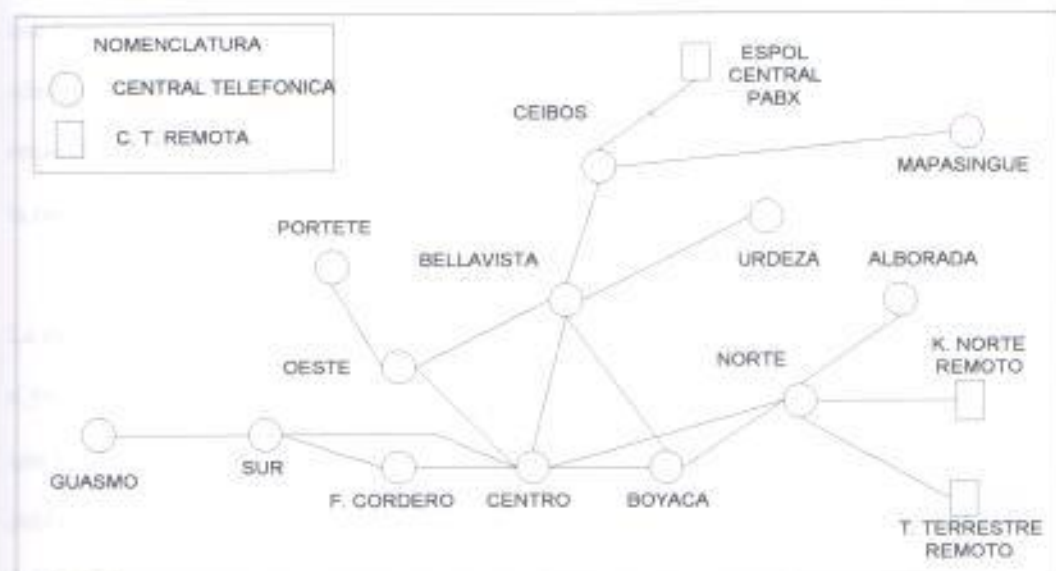


FIG. 2.5.1
RED DE FIBRA OPTICA ERICSSON
 FUENTE: EMETEL SUR, OCTUBRE 1997

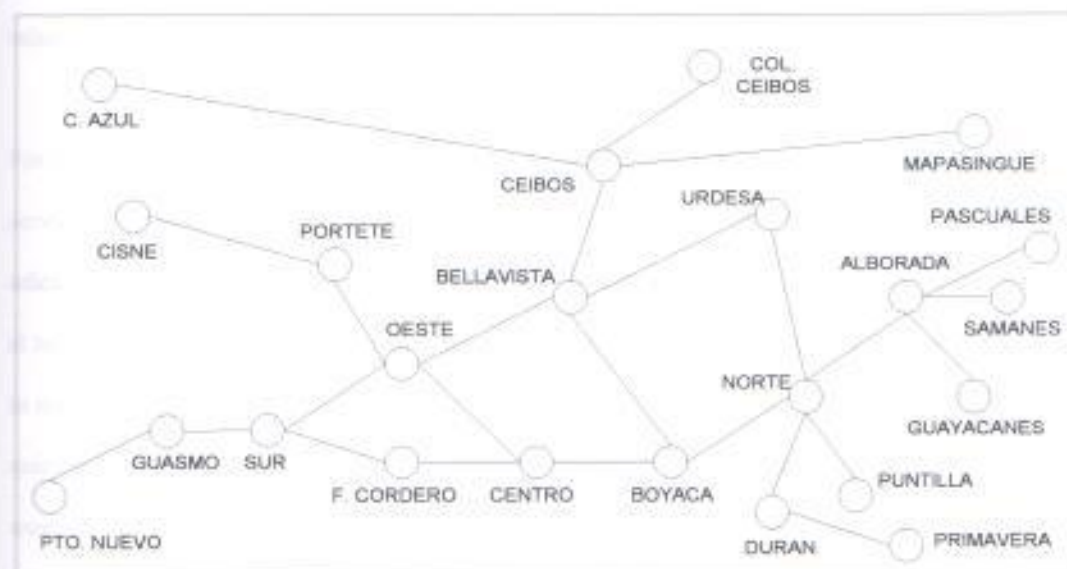


FIG. 2.5.2
RED DE FIBRA OPTICA ALCATEL
 FUENTE: EMETEL SUR, OCTUBRE 1997

2.6 SERVICIOS A MEJORAR

La tecnología en cualquier rama de la ciencia avanza y desarrolla nuevos estándares y servicios de una manera acelerada, sin detenerse a analizar si los actuales estándares y servicios son apropiados y adecuados. En nuestro país no se da la excepción; tenemos un servicio telefónico que se ha quedado rezagado durante mucho tiempo de los estándares y de los servicios que se han implantado a nivel de la región andina.

La densidad de población que tiene acceso a los servicios telefónicos es bastante pobre, tan solo un 6.5% de ella, tabla 2.3.2¹, puede usar sus servicios. La situación se agrava con las cargas tributarias que la legislación ecuatoriana aplica a la telefonía, convirtiendo este servicio casi en un lujo para la población urbana. Muy aparte el hecho de que tan solo en estos últimos 3 o 5 años se está tratando de mejorar el servicio al abonado; también se intentó mejorar el acceso de la población a los servicios telefónicos con la apertura a los operadores celulares, pero la situación no ha cambiado; y aquellos que usan los servicios celulares están a merced de las decisiones unilaterales de las operadoras, en lo relacionado a sus políticas de operación y tarifas económicas.

Por sobre todos estos inconvenientes, en Guayaquil, Pacifictel a comenzado a brindar una serie de servicios de valor agregado a sus clientes. Este valor agregado se entiende como cualquier servicio adicional al servicio telefónico inicialmente contratado a la empresa. En telefonía el término se aplica al hecho de que un abonado puede tener servicios de transferencia de llamadas, llamada en espera, y lo más reciente en servicios como las líneas 1-800 y 1-700, las cuales brindan un servicio sin costo a quien realice la llamada. La finalidad de brindar estos servicios es lograr que un abonado utilice con mayor frecuencia los circuitos telefónicos, y obtener una mayor rentabilidad por el servicio telefónico.

¹ Fuente: LEADING SITE (US & FCS International Marketing Insights) Web Site

2.6.1 CALIDAD DE SERVICIO

Dura tarea la que le espera a Pacifictel para poder superar los estándares actuales de atención y servicio al abonado. Tal vez la más dura no sea el aplicar una tecnología que mejore aquellos servicios técnicos que presta de manera no muy eficiente en la actualidad, sino más bien lograr que la atención dada por los empleados de Pacifictel vaya de la mano con niveles adecuados de celeridad y honestidad que se requieren en la función pública.

La venta del 35% de las acciones de Pacifictel tiene, también, la finalidad de permitir mejorar la calidad de los servicios telefónicos. La Ley Especial de Telecomunicaciones establece políticas de protección para el operador que obtenga la concesión de Pacifictel. Se intenta de esta manera que el operador realice inversiones que eleven la calidad y la cobertura del servicio telefónico; en nuestro caso, mejorar los servicios que se ofrecen en Guayaquil.

Como atractivo para las inversiones en el mercado de Guayaquil, se tiene el hecho de que la demanda insatisfecha en nuestro país es mayor a la capacidad instalada de líneas telefónicas. La demanda, de aproximadamente 1'164.000 abonados frente a 1'200.000 de líneas instaladas⁶, no ofrecen un servicio de una calidad y cobertura adecuada.

La tabla 2.6.1.1 muestra ciertas características del contrato de concesión que deberá cumplir el operador, además de los derechos que gozará según este mismo contrato. En resumen se exigirá que el operador ganador de la concesión solucione los grandes problemas que posee actualmente la telefonía pública, y en su favor se le concederá una exclusividad como proveedor de servicios telefónicos y otros adicionales. En sí, el índice de calidad que deberá cubrir el operador está resumido en la tabla 2.6.1.2.

⁶ Fuente: Memorandum de Información, Conam. 1998

EXIGENCIAS		
-PLAN MÍNIMO DE EXPANSIÓN Elevar densidad de líneas Distribuir la densidad en todo el país	-PLAN MÍNIMO DE CALIDAD La expansión debe ser de calidad Preparar a Emetel para la libre competencia en 5 años	-ACCESO UNIVERSAL Ayudar a los sectores más pobres y marginados Evitar la concentración en sectores
DERECHOS CONCEDIDOS		
-60 MESES DE EXCLUSIVIDAD REGULADA Para Telefonía fija, local, nacional e internacional- alámbrica o inalámbrica, salvo concesiones vigentes	-PRECALIFICACION AUTOMÁTICA Para acceder a todos los servicios que están en libre competencia, incluyendo telefonía móvil	-TELEFONICA PUBLICA DE PREPAGO Explotarla en libre competencia a partir de la reventa de servicios finales-fijos

TABLA 2.6.1.1**CONTRATO DE CONCESION**
FUENTE: Conam, Diario El Universo, Noviembre de 1997

De la tabla 2.6.1.2 podemos concluir que a pesar de no haberse cumplido la fecha original de la concesión; sin embargo, los alcances siguen siendo los mismos, pues el índice de calidad inicial no ha sufrido un cambio sustancial en sus niveles de rendimiento. Puede observarse en la tabla que los valores de rendimiento están alrededor del 50%, a excepción de los valores porcentuales de tono de discar que superan el 70%

A base de las tablas que se han analizado, se puede obtener una idea más clara del estado de las prestaciones de servicios de Pacifictel. Estos niveles deberán ser mejorados, de manera que se llegue a satisfacer la demanda de calidad y variedad de servicios por parte del abonado.

INDICE LLAMADAS COMPLETADAS	UNIDAD	VALORES INICIALES	1998	1999	2000
LOCALES					
PROMEDIO ANUAL	%	47	50	55	60
MINIMO POR CENTRAL	%	NO DISPONIBLE	40	45	53
LARGA DISTANCIA NACIONAL					
PROMEDIO ANUAL	%	44	48	51	54
MINIMO POR CENTRAL	%	NO DISPONIBLE	40	45	48
LARGA DISTANCIA INTERNACIONAL					
PROMEDIO ANUAL	%	47	49	51	53
MINIMO POR CENTRAL	%	NO DISPONIBLE	40	45	47
SERVICIOS ESPECIALES					
PROMEDIO ANUAL	%	68	70	71	72
MINIMO POR CENTRAL	%	NO DISPONIBLE	60	63	66
TONO DE DISCAR (EN MENOS DE 3 SEGUNDOS)					
PROMEDIO ANUAL	%	94	96	98	99
MINIMO POR CENTRAL	%	NO DISPONIBLE	91	93	95

TABLA 2.6.1.2
INDICE DE CALIDAD A CUMPLIR POR EL OPERADOR
FUENTE: Conam, Diario El Universo, Noviembre de 1997

2.6.2 TIPOS DE SERVICIO

Teniendo como eje del mercado de las telecomunicaciones al servicio telefónico, muchos otros tipos de servicios se están desarrollando utilizando para ello las redes de Pacifictel en Guayaquil. Sin duda, el sector de la telefonía celular es quien ha presentado el mayor crecimiento y penetración en el mercado desde su creación, a pesar de las altas tarifas que las dos operadoras celulares aplican al abonado.

Actualmente el mercado de las telecomunicaciones en Guayaquil, y en todo el país, se encuentra dominado por ambos servicios de telefonía: fija y celular. Alternativa a los servicios de la telefonía fija han sido siempre los servicios de radiofrecuencias o portadoras, los cuales se han utilizado para poder transmitir tanto voz como datos. Pero últimamente la presencia de proveedores del servicio de internet en nuestro país ha dado un giro muy positivo a los tradicionales servicios que se ofrecían en el ámbito de las comunicaciones.

Los nuevos servicios introducidos en el mercado de las comunicaciones, a través de los proveedores de Internet, van desde el servicio básico de correo electrónico y acceso a internet, hasta aquellos que se ofrecen para la creación de sitios virtuales. Entre los objetivos de los sitios web, o home pages, se encuentra el permitir que corporaciones, empresas o clientes en general, ofrezcan información de tipo personalizada a todos aquellos que utilizan la red internet. Así, la difusión de información hacia el interior de una empresa ideó una nueva tendencia de redes, conocida como Intranet. Esta red es básicamente un servicio de información creada para el acceso de los empleados de una misma institución, empresa o de un grupo corporativo.

Existen, también, servicios que se ofrecen pero cuya incidencia o crecimiento es limitado, debido sobre todo a que no ofrecen posibilidad de añadir algún tipo de servicio. Un caso es el servicio de mensajes a receptores personales, más conocido como paging, que más bien está siendo ofrecido como un valor agregado al servicio de telefonía celular por parte de uno de los operadores.

Comentario aparte lo representa la difusión de televisión por cable; este servicio, debido a su propia naturaleza de acceso domiciliario tiene una amplia cobertura en las áreas urbanas por lo que podría convertirse en un sistema proveedor de servicios adicionales como telefonía, internet, etc., e incluso ampliar y mejorar los servicios de televisión que ofrece, sin embargo, su penetración en los hogares

ha disminuido por el retiro de sus abonados por problemas causados por la recesión económica en nuestro país.

Los diferentes servicios que se ofrecen actualmente en el país no tienen una repartición equitativa del mercado; el cual, como se mencionó en párrafos anteriores, es dominado por los servicios de telefonía, tal como se demuestra en la figura 2.6.2.1. Se puede observar en este gráfico la captación del mercado que tiene la empresa telefónica, pero muy a pesar de esto, en los últimos años se tiene un crecimiento acelerado en sistemas de transportación de datos.

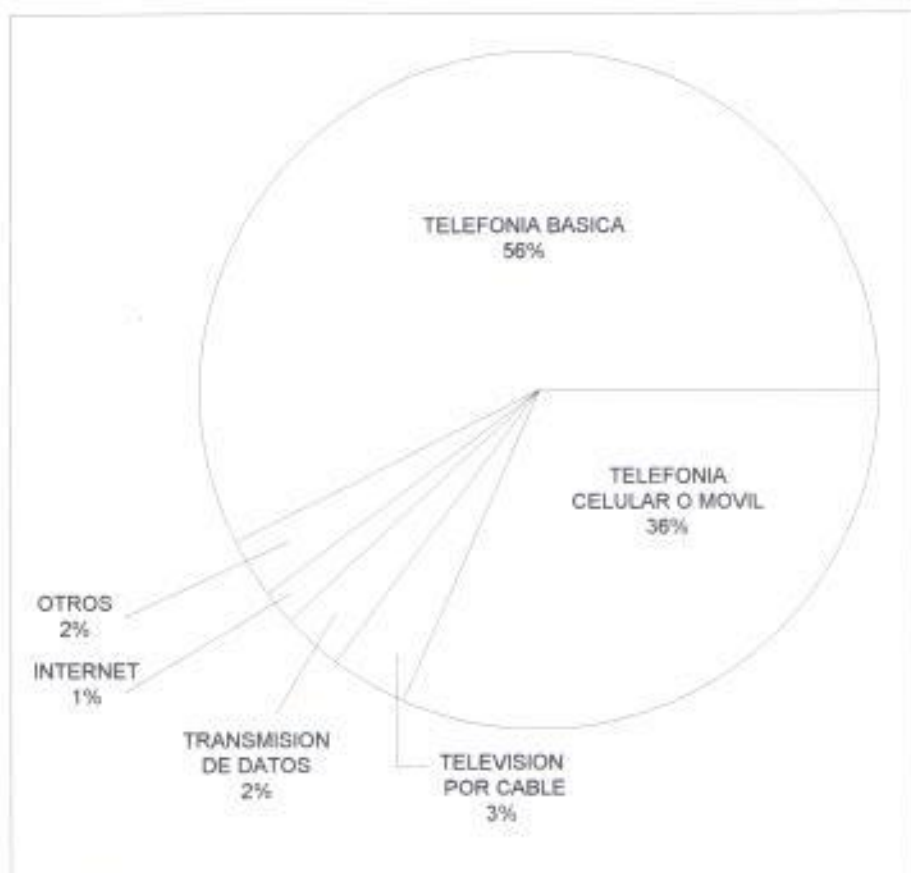


FIG. 2.6.2.1
REPARTICION DEL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES
FUENTE: Impsat Ecuador, Diario El Universo Abril 27 de 1998

Por lo tanto, la telefonía tiene una gran ventaja de ofrecer servicios de valor agregado sobre cualquier otro tipo de servicio. Pero el éxito de estos servicios no está simplemente en ponerlos a disposición de los usuarios; sino que también permitan beneficios para el usuario. De manera muy concreta la introducción de servicios de valor agregado permitirá aumentar la permanencia de los usuarios en el aire, con lo cual se beneficia el proveedor del servicio, y el usuario que tendría de esta manera una mayor variedad y mejor calidad en los servicios que actualmente se le ofrecen.

CAPITULO 3

ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LAS COMUNICACIONES

Si bien el espectro de las comunicaciones es muy amplio y usualmente orientado a servir a un tipo o sector determinado de un mercado, encontrar una tecnología de comunicación dominante entre todas las que existen hoy en día, depende en gran manera de estándares internacionales, tanto en la fabricación de equipos como en los tipos de servicios (frame relay, ISDN, etc.) que liberan las leyes de telecomunicaciones de un país.

El diseño de una red pública para la ciudad de Guayaquil considera establecer un modelo de tecnología que supere las limitaciones debido a la escasez de servicios, que esté en capacidad de poder manejar cualquier cambio en la tendencia de los sistemas de comunicaciones que hoy en día, y particularmente en Guayaquil, trabajan de manera paralela e independiente. Se considera relevante, entonces, dedicar este capítulo al análisis de diferentes medios físicos y tecnologías de transmisión que hay en la actualidad y que podrían considerarse como tecnología de acceso a la red pública que se busca proponer para Guayaquil.

3.1 PRINCIPALES MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION

Un medio físico de transmisión es aquel que transporta señales desde un transmisor a un receptor, en caso de una red de área local, sería de una estación de trabajo a un servidor o hacia otro dispositivo con el que desee comunicarse. Los medios de transmisión más utilizados han sido los cables tipo coaxial,

por trenzado, fibra óptica, así como medios inalámbricos basados en la radio frecuencia; así, pueden considerarse estas 3 categorías generales de transmisión: los medios basados en transmisión eléctrica, aquellos basados en transmisión óptica, y finalmente los medios de radio frecuencia.

Básicamente el estudio del tipo de cable se basa en la aplicación que tienen en las redes de área local o en alguna extensión de éstas. Así, debido al incremento de las velocidades de transmisión en una red, los fabricantes de cables deben ajustar sus especificaciones de fabricación y mejorar la calidad total de sus productos.

3.1.1 CABLE COAXIAL

Este cable está disponible en varias formas, cada una de las cuales se destina a diferentes tipos de aplicaciones; sin embargo, todas las formas de cable coaxial tienen similar estructura interna, un conductor central sobre el que se transmite la señal, y al que lo rodea un aislador dieléctrico no conductivo. Este aislador se encuentra, a su vez, cubierto por una malla de blindaje metálico, y por una lámina metálica; la parte externa del cable rodeada por una cubierta protectora, todas las capas son concéntricas, de aquí el término coaxial. Una imagen del cable coaxial se muestra en la figura 3.1.1.1.

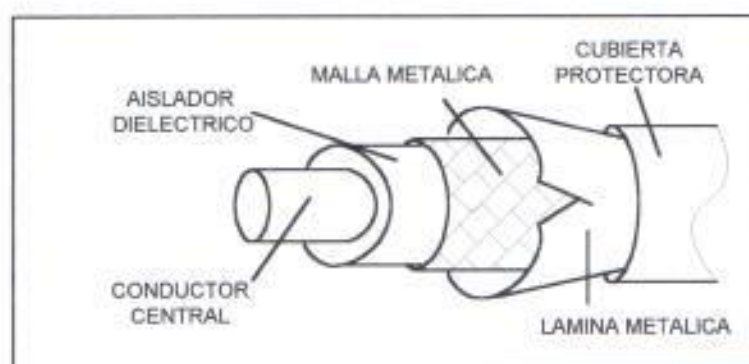


FIG. 3.1.1.1
CABLE COAXIAL

FUENTE: Belden Master Catálogo. 1999

Hay 2 clasificaciones generales de cable coaxial que dependen de la técnica de transmisión que soportan: baseband (banda base) y broadband (banda ancha). Cada una de ellas asignada a aplicaciones muy diferentes como una red de área local, o servicios de televisión por cable, respectivamente.

El cable coaxial banda base transmite una señal digital a la vez, fundamentalmente en el rango de 10 Mbit/s. Este ancho de banda permite la multiplexación o combinación por división de tiempo de muchas señales; así, en una transmisión de banda base, la señal se emite en ambas direcciones a lo largo de todo el cable. El cable coaxial banda ancha puede transportar muchas señales de radio frecuencia (RF) o análogas a la vez, con cada señal ocupando una banda de frecuencia. Las velocidades de datos en una red basada en cable coaxial de banda ancha, usualmente de 1 a 5 Mbit/s, son más pequeñas que las que soporta una transmisión de banda base. Pero la capacidad de disponer de 20 a 30 canales en un cable simple, combinadas con la multiplexación por división de tiempo, incrementa de gran manera la cantidad compuesta de datos que el medio es capaz de transmitir.

Debido a la naturaleza de la implementación física (hardware), y al acoplamiento que requiere la señal de radio frecuencia las señales banda ancha son efectivamente unidireccionales; en este tipo de transmisiones se requiere modems RF para convertir las señales análogas que se transmiten sobre el cable, en las señales digitales originales.

Existen varias limitaciones en las transmisiones de banda base: velocidades de datos menores a la de un canal de banda ancha, problemas serios por interferencia RF y electromagnetismo, altas pérdidas de señal por longitud de cable, etc. Sin embargo, la transmisión de banda base es útil para procesamiento mediano en cantidad de datos; las redes banda ancha trabajan de manera más

efectiva en configuraciones de grandes áreas geográficas. Un ejemplo de aplicación es, como se mencionó anteriormente, una red Arnet en que se usa coaxial banda base y una red de TV Cable, que utiliza coaxial banda ancha.

En aquellas aplicaciones de redes dispersas es práctico utilizar configuraciones híbridas de banda base/banda ancha. En estas configuraciones un segmento de banda ancha concentra varios segmentos de sub-redes locales de banda base; estas redes híbridas toman ventaja de las mejores características que poseen ambas tecnologías. La figura 3.1.1.2 grafica el comportamiento de 3 tipos de cable coaxial, específicamente su tasa de transmisión frente a la distancia recorrida. Se puede observar como, a medida que aumenta la tasa de transmisión, decrece la distancia de transmisión.

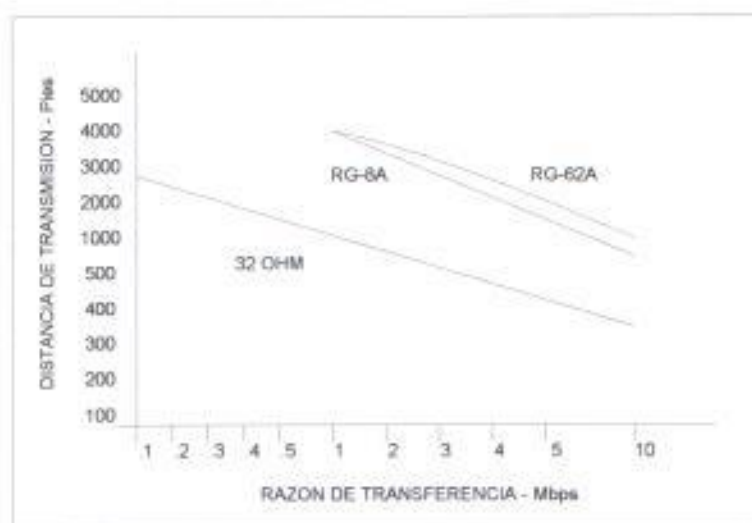


FIG. 3.1.1.1
RELACION DE TRANSMISION DEL CABLE COAXIAL.
FUENTE: Belden Master Catálogo. 1999

3.1.2 CABLE U.T.P.

Genéricamente un cable U.T.P. (unshielded twisted-pair), consiste de 2 alambres de cobre, cada

uno de los cuales se distingue por su propio aislante codificado en colores, y los cuales son entrelazados para formar un par trenzado. Así, múltiples cables trenzados se agrupan dentro de una capa protectora o chaqueta, para obtener así un cable par trenzado, el objetivo a perseguir entrelazando los cables es el de poder disminuir la interferencia que podría darse entre los pares de cobre que forman el cable par trenzado al momento de transmitir una señal de tipo eléctrica.

El cable UTP no depende, por lo tanto, de blindaje metálico para bloquear interferencias, sino de técnicas de balance y filtrado a través de filtros físicos o baluns. Así, por ejemplo el ruido que se induce en 2 conductores, provocado por interferencias electromagnéticas y radio frecuencia, se cancela al llegar al receptor debido a las vueltas que tiene el par trenzado. Esta cancelación se logra mediante la alineación de los campos magnéticos de los dos alambres de manera que se reduce la interferencia. Tenemos además que las particularidades físicas del cable UTP como ser liviano, delgado y flexible, le han dado un nivel de confianza y universalidad, abaratando así los costos, y convirtiéndolo en parte principal de un sistema de cableado de una red.

Diversas evoluciones en la formación del cable UTP le permiten desarrollar tipos específicos de cables que se apegan a diversos estándares EIA/TIA como aquellos cables de categoría 3, para señales con un ancho de banda de señal de hasta 16 Mhz; o también los de categoría 4, para las especificaciones de hasta 20 Mhz y, además, los de categoría 5 con anchos de banda de 100 Mhz e incluso mayores a tal valor. Pero la aplicación más relevante es aquella que tiene en los sistemas telefónicos tradicionales de Guayaquil, pues es el tipo de cable utilizado para la planta externa de Pacifictel.

3.1.3 CABLE S.T.P.

A diferencia del cable UTP, el cable S.T.P. (shielded twisted-pair) posee envoltura metálica para

reducir la potencia de la interferencia electromagnética (EMI). Este tipo de interferencia tiene su origen en fuentes externas como líneas de energía eléctrica, motores eléctricos, señales de radar, etc., las cuales interfieren o perturban la señal original, reduciendo así la calidad de la misma.

La protección que posee el cable STP para los distintos tipos de interferencia antes anotados, es poseer una envoltura metálica que aparentemente aísla y bloquea al par de cobre de todo tipo de interferencia externa; esto es relativo, pues su propia envoltura metálica actúa como un tipo de antena que convierte el ruido externo que recibe en flujo de corriente, aprovechando otra de las características del cable STP que es el ser un cable con aterrizaje. El gráfico 3.1.3.1 muestra el comportamiento de 3 tipos de cables STP: la relación de la tasa de transferencia para la distancia recorrida.

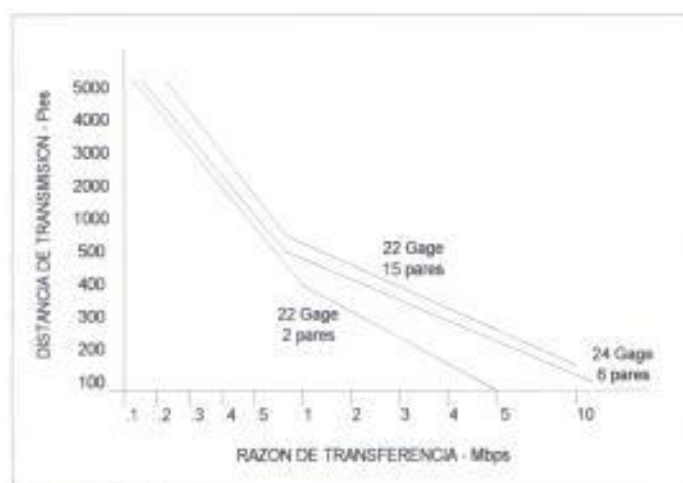


FIG. 3.1.3.1
RELACION DE TRANSMISION DEL CABLE STP
FUENTE:Belden Master Catálogo. 1999

El flujo de corriente que circula por el cable STP tiene su utilidad en que induce una corriente de igual característica pero opuesta en el par trenzado, de manera que cuando llega la señal original

al receptor, el flujo de corriente originado por el ruido ha sido cancelado. El diseño se considera bueno, pero cualquier discontinuidad en la envoltura metálica, o falla en el aterrizaje del cable provocará distorsiones en la recepción de la señal transmitida. El cable STP posee también otras desventajas como el tener una atenuación creciente al experimentar un aumento en su frecuencia de transmisión, tal como se observa en el gráfico 3.1.3.1. El gráfico muestra que para un límite de 10 Mbps, el cable STP tiene un alcance menor al que posee el cable coaxial.

3.1.4 CABLE FIBRA OPTICA

La fibra óptica es típicamente una solución de tipo banda ancha, no emite radiación, por lo tanto es inmune a interferencias RF y EMI. El cable de fibra óptica permite aislamiento de tierra entre edificios, pues el material usado para su envoltura, usualmente sílex, es no conductor, además de que el pequeño tamaño y peso liviano de la fibra combinado con su amplio ancho de banda, miles de Mbps, son una garantía contra la obsolescencia de un sistema de cable.

La fibra óptica usa señales de luz modulada por impulsos en finos filamentos de vidrio, entre 2 a 125 micrómetros de diámetro, para llevar flujos de datos a velocidades extremadamente altas; la luz puede modularse, lo que es útil para codificar datos, en pulsos de baja duración y de menor potencia que en las señales eléctricas. Esto es inherente debido a que la longitud de onda de luz utilizada es más corta que la longitud de onda usada para las señales análogas o en la transmisión de codificación por pulsos. Los receptores sensitivos a la luz, usados en transmisiones de fibra óptica, pueden exactamente decodificar pulsos de luz consistentes de mucho menos energía que la requerida para un modem de línea telefónica.

Una de las mayores causantes para el gran desarrollo de las transmisiones de datos ha sido el uso de fibra óptica en los sistemas de comunicaciones. Las razones para su uso son notables, si se

considera, por ejemplo, tasas de transmisión sobre los 2 Gbps cubriendo áreas mayores a varios kilómetros, comparando esta capacidad contra los cientos de mbps que posee como máximo el cable coaxial en una distancia de 1 Km, o hasta 100 Mbps sobre unas pocas decenas de metros que cubre el cable par trenzado, se concluye que las ventajas en la transmisión que se obtienen con la fibra son realmente mayores a las que ofrecen, tanto el cable coaxial como el par trenzado.

El gráfico 3.1.4.1 muestra la relación entre la atenuación y la frecuencia de transmisión de los 3 tipos de cables; se puede observar que las pérdidas que sufre la fibra óptica son menores a una mayor longitud de onda, todo lo contrario a lo que sucede con los cables coaxial y par trenzado.

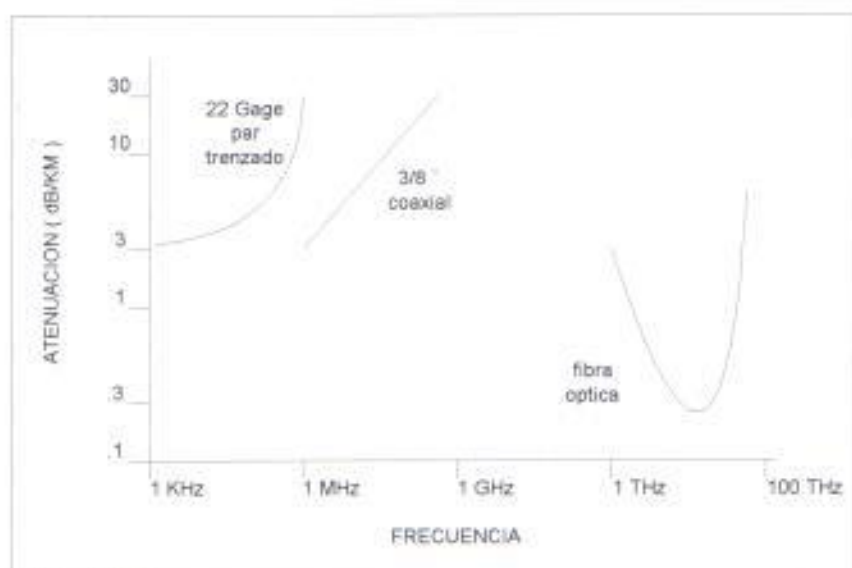


FIG. 3.1.4.1

ATENUACION DE MEDIOS GUIADOS

FUENTE: Data and Computers Communications, W. Stallings

3.2 TECNOLOGIAS DE INTERCONEXION

Establecer comunicación entre sistemas distantes, o distintos, requiere de dispositivos especiales que permitan realizar la integración a nivel físico o de red. Los dispositivos varían su constitución según el

nivel de trabajo que realicen, pues pueden convertirse en simples extensores de segmentos de red, como lo realizan los bridges, o en entes que deciden sobre el tráfico que pasa de una red a otra, como en el caso de los ruteadores. En los subcapítulos siguientes se realizará un breve análisis sobre el comportamiento que tienen en la integración, o extensión de una red, los distintos dispositivos físicos que se disponen en la actualidad para trabajos de tal naturaleza.

3.2.1 DISPOSITIVOS DE TRANSMISION BASICA

Si realizamos una rápida revisión de la tendencia con que se han desarrollado los sistemas de comunicaciones, encontraremos que posterior al desarrollo de las redes de área local surgió la necesidad de permitir que sitios remotos, ubicados en áreas geográficas distantes de las oficinas principales de una empresa, tengan acceso a la red central de ésta. Además, el aumento de redes locales en dependencias u oficinas ubicadas físicamente en el mismo edificio o cercanas a la red central, creó otra necesidad, la de distribuir y administrar adecuadamente el tráfico total que se producía en todas las redes de la empresa.

La necesidad de cubrir estos 2 requerimientos, dar servicio a redes remotas y distribuir el tráfico total de una empresa, dio surgimiento a dispositivos básicos de transmisión. Entre los que sirven a las redes remotas están los que se limitan a extender el alcance de los medios de transmisión, si son medios guiados⁷ o no, en base a dispositivos conocidos como extensores o repetidoras. La función básica de los extensores es la de regenerar las señales eléctricas u ópticas que circulan por los medios de transmisión de una red; y así, extender la distancia máxima de transmisión que cubre una red local, y que depende de las características propias que posea como topologías y

⁷Medios guiados: Son los medios de transmisión físicos como el cable coaxial, la fibra óptica o par trenzado. Medios no-guiados: Son los medios inalámbricos que utilizan la radiofrecuencia para transmitir información

métodos de acceso⁸.

Los dispositivos como repetidoras son de uso frecuente en redes locales que requieren extender su alcance hacia estaciones cuya ubicación sobrepasa la extensión máxima permitible del cable de red que debe llegar a ellas; y en sistemas que usan medios no-guiados como radio frecuencia. En el esquema de radio frecuencia entra también en consideración equipos como radios digitales o analógicos, que a su vez hacen uso de otro dispositivo conocido como modem. La aplicación de este esquema se muestra en el gráfico 3.2.1.1.

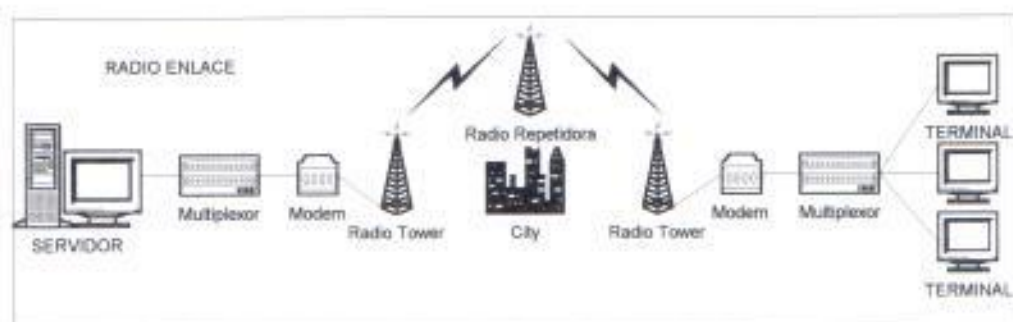


FIG. 3.2.1.1
DISPOSITIVOS DE TRANSMISION BASICA (RADIOENLACE)

La función básica del modem es la de convertir los pulsos eléctricos digitales (señalización banda base) que recibe de un terminal o computador en una señal que variará según el medio o método de transmisión que se utilice. Así, si se transmite por fibra óptica se requerirá un modem óptico que convertirá las señales eléctricas provenientes del terminal en pulsos de luz que se transmiten por la fibra óptica. Si se requiere transmitir entre áreas ubicadas en instalaciones cercanas como un campus universitario o entre edificios de una planta industrial, lo ideal es utilizar un modem de corto alcance; este modem transmite señales eléctricas directas en banda base.

⁸ Topologías y métodos de acceso: conceptos revisados en el capítulo 1, sección 1.5.3.

Si tenemos el caso de utilizar un sistema de transmisión digital, se requerirá un modem digital, el mismo que tendrá la función de convertir la señal digital original del terminal en una señal digital más precisa y exacta con la finalidad de reducir el ruido, la distorsión y los errores que pueden afectar una transmisión de este tipo. Según la velocidad de transmisión, existen, también, varias clasificaciones de modem, algunos de ellos pueden llegar a los 2 Mbps de transferencia según la técnica de codificación que utilicen.

La misma tendencia de integrar sitios remotos desarrolló luego técnicas para compartir un medio de transmisión entre varios clientes remotos de una misma red; los clientes remotos pueden ser terminales, servidores, impresoras, incluso cajeros automáticos. El dispositivo físico que facilita el acceso de un medio de transmisión entre varios clientes es conocido como multiplexor.

Los multiplexadores llevan 2 o más transmisiones simultáneas por un solo circuito o medio de comunicación. Una característica importante del multiplexador es la de permitir transparencia en la operación de los clientes; esta transparencia se entiende como la característica que cada cliente tiene para considerar que su conexión es directa y que no se comparte con otros clientes; de esta manera no se detiene el flujo de información entre origen y destino. La multiplexación se realiza siguiendo varias técnicas como multiplexación por división de tiempo, distribución estadística de tiempo, distribución de frecuencia, o división de longitud de onda. Cada una de estas técnicas tiene su base en definiciones conceptuales analizadas en el capítulo 1, sección 1.5.

El gráfico 3.2.1.2 muestra la integración de un sitio remoto a una oficina central, el esquema usa un multiplexor para compartir la línea telefónica entre varios terminales, además de utilizar un modem para la conversión de información digital en analógica.

Los equipos utilizados para facilitar distribución y administración del tráfico de una red como los bridges, ruteadores y switches son cubiertos individualmente en análisis posteriores. Adicional al estudio de estos dispositivos, y en vista de que actualmente siguen en vigencia las redes SNA de IBM en ambientes bancarios, se cubre el papel que desempeña un Gateway en dichas redes.

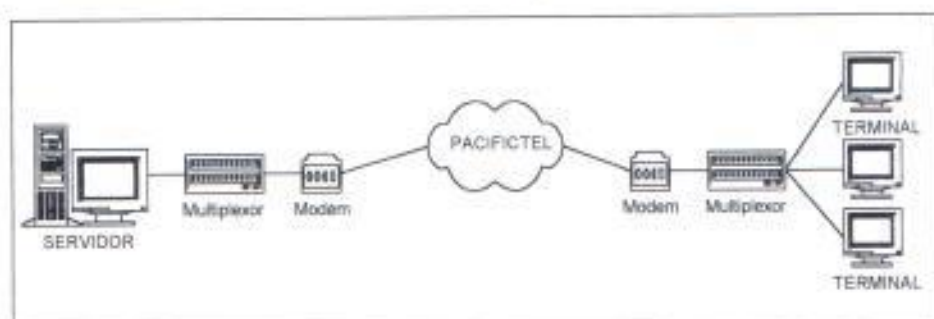


FIG. 3.2.1.2
DISPOSITIVOS DE TRANSMISION BASICA (ENLACE TELEFONICO)

3.2.2 BRIDGES

Establecer una sola red local para atender los requerimientos de toda una organización, o de una entidad corporativa, no constituye un diseño adecuado y práctico; sobre todo, debido a que el crecimiento en número de estaciones y extensión física que debe tener la red para cubrir cada sitio de la organización, exige un mayor cuidado en los requerimientos de rendimiento y de seguridad que hay que cumplir. Equipos físicos como bridges, ruteadores, switches y gateways permiten segmentar una red local en varias subredes, de modo que se pueda cumplir con objetivos críticos como los de rendimiento, administración y seguridad de una red corporativa.

Los bridges fueron diseñados para unir redes con ciertas características similares, como aquellas de comunicar redes que utilizan los mismos protocolos de acceso al medio físico, aunque también se han desarrollado funciones de manera que puedan servir para redes de protocolos diferentes. Pero relacionándolo al análisis de un bridge, tenemos que este dispositivo recibe la información proveniente de una red enviada en forma de tramas, a cuyo contenido no le realiza ningún tipo de

modificación, simplemente escucha el frame o trama de la red, y procede a transferirlo de manera íntegra hacia otra red; es decir, copia un paquete de un segmento de red a otro segmento de red.

Sin embargo, para que los bridges trasladen un frame de un segmento a otro requieren conocer la dirección final que tiene este frame. Esta dirección que viene añadida en el paquete debe ser leída por el bridge, quien decide si esta dirección destino se encuentra en otro segmento de la red para proceder al traslado del frame, o caso contrario, lo regresa al mismo segmento del que proviene. La dirección de un frame está definida según la especificación IEEE 802.1D, en el nivel MAC del modelo OSI por lo que se define al bridge como un dispositivo que trabaja a nivel de esta capa.

Aquella configuración en que el bridge lee la dirección destino del frame, es en realidad un diseño básico; existen configuraciones más complejas donde el bridge debe decidir el destino del frame basado en diferentes mecanismos. En Guayaquil, la implementación más usada es para redes token ring en donde la decisión de traslado del frame o trama se conoce como source routing; en este esquema la estación transmisora determina la ruta que el frame sigue e incluye la información de retransmisión en el frame. Los bridges leen la información, y determinan si trasladan o no el frame entre segmentos diferentes. El gráfico 3.2.2.1 muestra el trabajo que cumple un bridge a nivel de la capa MAC del modelo OSI.



FIG. 3.2.2.1
ESQUEMA DE BRIDGE

3.2.3 RUTEADORES

Con la expansión de las redes locales hacia un espectro más amplio, que surge de la necesidad de interconectar toda una comunidad de redes con capacidad para intercambiar información entre sistemas y tecnologías diferentes, se desarrolló un esquema de ruteo que puede manejar todo tipo de información, sea esta local o destinada hacia redes remotas. Los dispositivos encargados de realizar esta tarea son conocidos como ruteadores, y tienen la particularidad de poder integrar las funciones básicas que tienen los bridges, y agregarles otras más complicadas.

El desarrollo, también, de protocolos creados con la finalidad de destinarse a servir redes con una cobertura regional e incluso global como son los protocolos IP e IPX, impulsó muchos esquemas que permiten manejar información proveniente de diferentes redes. Actualmente el esquema que domina las comunicaciones globales es aquel que define la red internet y basa su operación en el set o conjunto de protocolos TCP/IP. Así, considerando la función que realiza un ruteador se deben distinguir dos conceptos básicos con los que trabajan, y que resumen la operación y manera de operar de los ruteadores. Estos conceptos son los siguientes:

INFORMACION DE RUTEO. Establece la información sobre la topología y retardos en la red. Esta información es intercambiada entre los ruteadores, de manera que puedan tener actualizada una tabla de ruteo en donde almacenan esta información. Existen varios protocolos que usan los ruteadores para actualizar su tabla de ruteo, los más conocidos son RIP, OSPF, IGRP, BGP.

ALGORITMO DE RUTEO. Algoritmo utilizado para decidir el destino que el ruteador le da a un paquete o datagrama en particular; se basa en la información sobre la formación de la red en ese momento.

El ruteador realiza su decisión a nivel de la capa 3 del modelo OSI; es decir, que debe conocer la dirección de red, a diferencia de un bridge que debe leer la dirección MAC, y basándose en esta dirección realiza las funciones básicas de distribución de paquetes. Actualmente los ruteadores tienen funciones añadidas que le permiten participar directamente en la administración de una red, pues están en capacidad de realizar traducción de protocolos y de segmentar una red de manera lógica para permitir aumentar el control y seguridad de las redes.

En las redes existentes actualmente en la ciudad de Guayaquil, los ruteadores son usados para integrar redes privadas, entiéndase pertenecientes a una organización, corporación o empresas en particular, a la red internet. De esta manera la red internet es usada, también, como un nodo que integra redes geográficamente distantes; la figura 3.2.3.1 detalla la operación de un ruteador que trabaja en la capa de red, y para lo cual requiere conocer la dirección IP de los nodos.

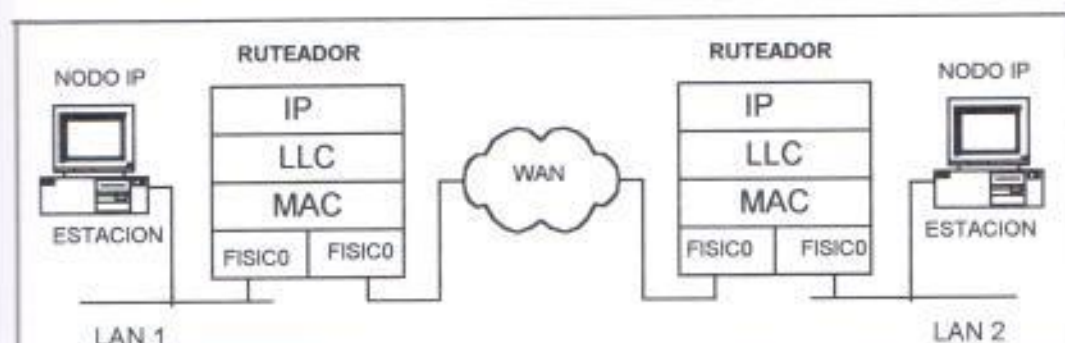


FIG. 3.2.3.1
ESQUEMA DE RUTEADOR

3.2.4 SWITCHES

El surgimiento de aplicaciones que establecen altos volúmenes de tráfico de datos, así como el crecimiento de los usuarios de una red de área local, demandó altos requerimientos de ancho de banda de las tradicionales redes de acceso compartido como lo son Ethernet y Token Ring. Se evidenció así, que las nuevas aplicaciones basadas en multimedia, bases de datos, esquemas de

tipo cliente/servidor⁹, etc, colapsaban las redes y contribuían con retardos en los procesos que se realizaban entre diferentes computadoras de la red.

Fue notorio, por lo tanto, que los dispositivos tradicionales como hubs, maus y bridges no podían ofrecer un servicio flexible, seguro, rápido y confiable a las nuevas aplicaciones, y tampoco a los nuevos usuarios que poseían poderosas computadoras que consumían prácticamente el ancho de banda de las redes tradicionales. Estos dispositivos eran de uso común en redes tipo compartidas como la que se muestra en la figura 3.2.4.1. A raíz de las limitaciones encontradas en hubs, maus y bridges, sugieron los dispositivos conocidos como switches.

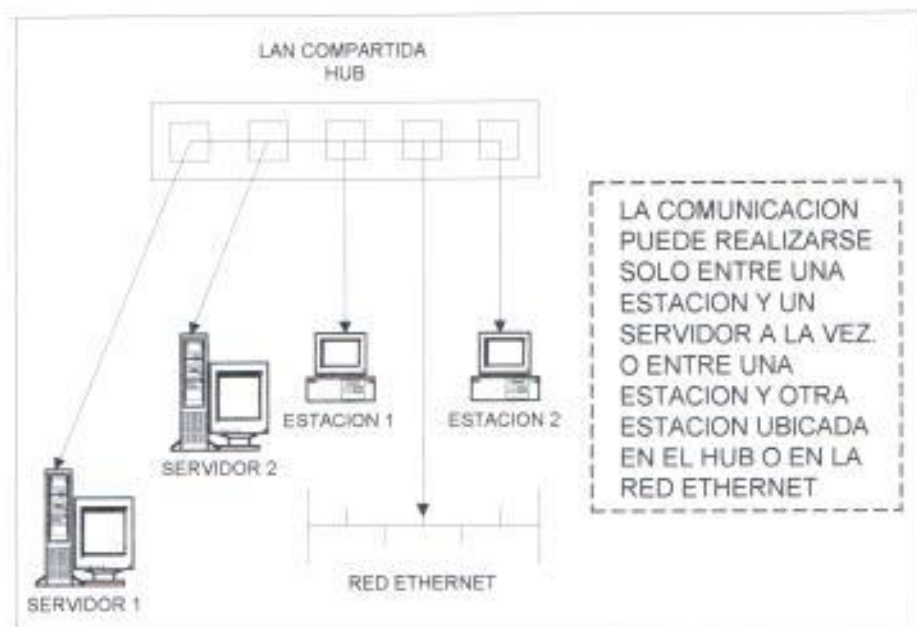


FIG. 3.2.4.1

RED COMPARTIDA

FUENTE: Building Cost-Effective High-Performance Networks. Bay Networks

Un switch tiene la capacidad de permitir más de una comunicación a la vez, y entre cualquier

⁹ Esquema Cliente/Servidor: Se basa en que cada nodo o computador de la red tiene capacidad para procesar su información, y puede interactuar continuamente con otros computadores, o con varios de los servidores.

puerto a cualquier puerto; es decir, no tiene la limitación de establecer tan solo una comunicación entre dos puertos como sucede con un hub, mau, o bridge; lo que le permite ser conocido como un bridge multipuerto, aunque con características adicionales como la de crear los vínculos entre los puertos a muy alta velocidad y de manera dedicada: punto a punto. Básicamente, un switch segmenta una red utilizando 2 métodos, o tecnologías de conmutación¹⁰: conmutación de celda y de paquete; las que además pueden trabajar con un concepto adicional como lo es la conmutación configurada¹¹. El gráfico 3.2.4.2 esquematiza el trabajo de una red conmutada, o switchheada.

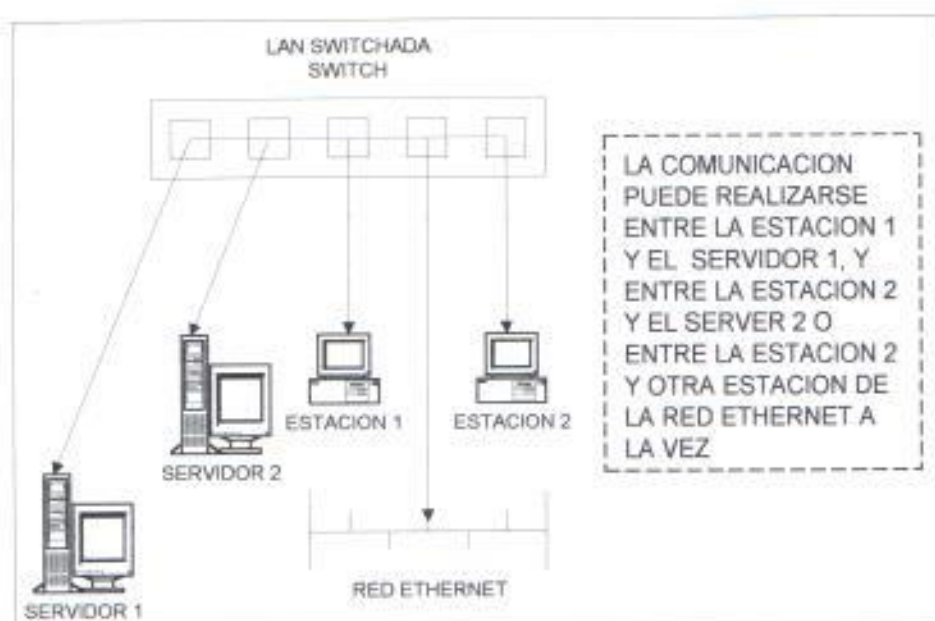


FIG. 3.2.4.2

RED CONMUTADA

FUENTE: Building Cost-Effective High-Performance Networks. Bay Networks.

3.2.5 GATEWAYS

Aunque la aplicación fundamental de un Gateway fue la de integrar ambientes de computadoras

¹⁰ Tecnología de Conmutación: Permite que cada dispositivo que se conecta a la red obtenga una conexión dedicada con el conmutador o switch. Las diferentes tecnologías de conmutación se estudiarán con más detalle en el subcapítulo 3.3.

¹¹ Conmutación configurada: Establece la configuración de redes virtuales en una red física. Se la analizará con más detalle en el subcapítulo 3.3.

con ambientes de macrocomputadoras (hosts), y con ambientes de minicomputadoras, su uso se ha visto limitado hoy en día en Guayaquil en ambientes bancarios en donde existe la necesidad de integrar ambientes de hosts de IBM con redes de área local. Es por lo tanto una aplicación que aún se mantiene debido a las altas inversiones realizadas en una tecnología propietaria como lo es la arquitectura SNA¹² de IBM, y que resulta incompatible, tanto en hardware como en software, con las redes locales.

En un ambiente SNA el acceso de las computadoras de una red de área local puede realizarse en base a 3 tipos de acceso. El primero de ellos, SDLC (Synchronous Data Link Control), se realiza en base a un paquete emulador (hardware + software) que se instala en un servidor y que realiza la tarea de gateway entre la red local y el hosts. En este caso el gateway tiene una conexión a la red local a través de una tarjeta Token Ring o Ethernet, y una conexión serial a nivel de la capa 2 del modelo OSI hacia el hosts usando una tarjeta SDLC.

El segundo tipo de acceso se denomina DFT, Distributed Function Terminal, este acceso permite que la conexión hacia el ambiente SNA sea a través de una tarjeta coaxial que se instala en un servidor, y que hará de gateway al tener también instalada una tarjeta Token Ring o Ethernet.

El tercero, y último tipo de acceso es aquel que considera la instalación de una tarjeta token ring en uno de los controladores de la red SNA, agregándolo así a la red local. Este controlador hará el papel de gateway, función que en los 2 primeros tipos de acceso a la red SNA lo cumplía un servidor de la red local. En los 3 tipos de acceso se requiere de software especial en un servidor

¹² SNA: System Network Architecture. Modelo de red centralizado de IBM, basado en un esquema de un macrocomputador que concentra las aplicaciones, datos y periféricos, los que son accedidos remota o localmente por terminales sin capacidad de procesamiento, o computadoras con programas emuladores de terminal.

y en las estaciones que accederán al hosts. En el gráfico 3.2.5.1 se esquematiza el último tipo de acceso.

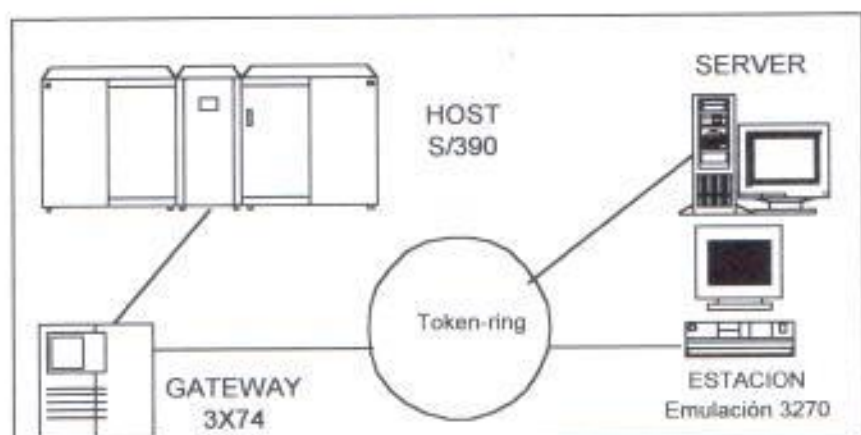


FIG. 3.2.4.1
ESQUEMA TRADICIONAL DE GATEWAY

3.3 TECNOLOGIAS DE CONMUTACION

Los inicios de las redes locales se han basado en tecnologías de medios compartidos; así, redes como Ethernet y Token Ring se han agrupado independientemente en segmentos de redes comunicados entre sí a través de un segmento central que compartía su ancho de banda entre todos los segmentos de la red. Esta configuración inicial fue todo un éxito, debido sobre todo al desarrollo de aplicaciones tipo host-terminal, o tipo centralizadas. Sin embargo, la tendencia actual de la tecnología de poder migrar a aplicaciones cliente-servidor ha causado que el backbone central de la red local sea ya insuficiente, provocando de esta manera un congestionamiento en la red y retardos en las aplicaciones. Las causas que provocan estos cambios se deben a que las transacciones en ambiente cliente-servidor aumentan por cuestiones de control de los protocolos que se aplican, y de los procesos distribuidos. Un gráfico de una red compartida se muestra en la figura 3.2.5.1, del subcapítulo anterior.

La recomendación para evitar saturaciones en las redes locales va de la mano con la implementación de las nuevas aplicaciones cliente-servidor. Si se migra a este tipo de aplicación se debe, también, invertir en los dispositivos físicos que realicen la interconexión de las redes. Así, surgieron dispositivos con una funcionalidad más avanzada y compleja denominada conmutación. Actualmente existe una gran aceptación en el uso de la conmutación en las redes tanto locales como amplias. Razón por la que en esta sección se realiza un análisis más profundo de la conmutación. Así, inicialmente se realizará una revisión de los principales beneficios que se obtienen al aplicar la conmutación en las redes actuales, y se finalizará con los diferentes niveles de conmutación que existen.

3.3.1 BENEFICIOS DE LA CONMUTACION.

La conmutación como tecnología de red surgió con la finalidad de suplir las grandes deficiencias que se manifestaron en los sistemas de computación con el advenimiento de aquellas aplicaciones que saturaron el tráfico normal que tenían las redes de medios compartidos. Estos beneficios no han sido orientados tan solo a las redes locales; sino, por lo contrario, se han extendido en redes de área amplia a través de un desarrollo cada vez más general de dispositivos que utilizan esta tecnología. A continuación se mencionaran 3 beneficios que se han obtenido con la difusión de la conmutación.

3.3.1.1 MEJORAS EN LA ADMINISTRACION Y EN EL DESEMPEÑO DE LA RED

En las redes tradicionales de medios compartidos los dispositivos físicos como mau, hub o bridge, han podido manejar la demanda de tráfico creada en dichas redes; comparten, sin grandes contratiempos backbones de 10, 16 o 100 Mbps entre varios anillos o segmentos de redes que se concentran en los cuartos de cableado. En la figura 3.3.1.1.1 se muestran las redes de medios compartidos que usan hubs, bridges o routers para la interconexión de sus redes. Estableciendo un esquema de red en donde los dispositivos que manejan todo

el tráfico de la red están distribuidos físicamente y comparten, a la vez, la seguridad de su operación. Por lo que requieren mayores recursos de seguridad para poder preservar la integridad física de la red, además de valores de tiempo/técnico mayores para resolver los problemas que se puedan presentar en cualquier sector de la red.

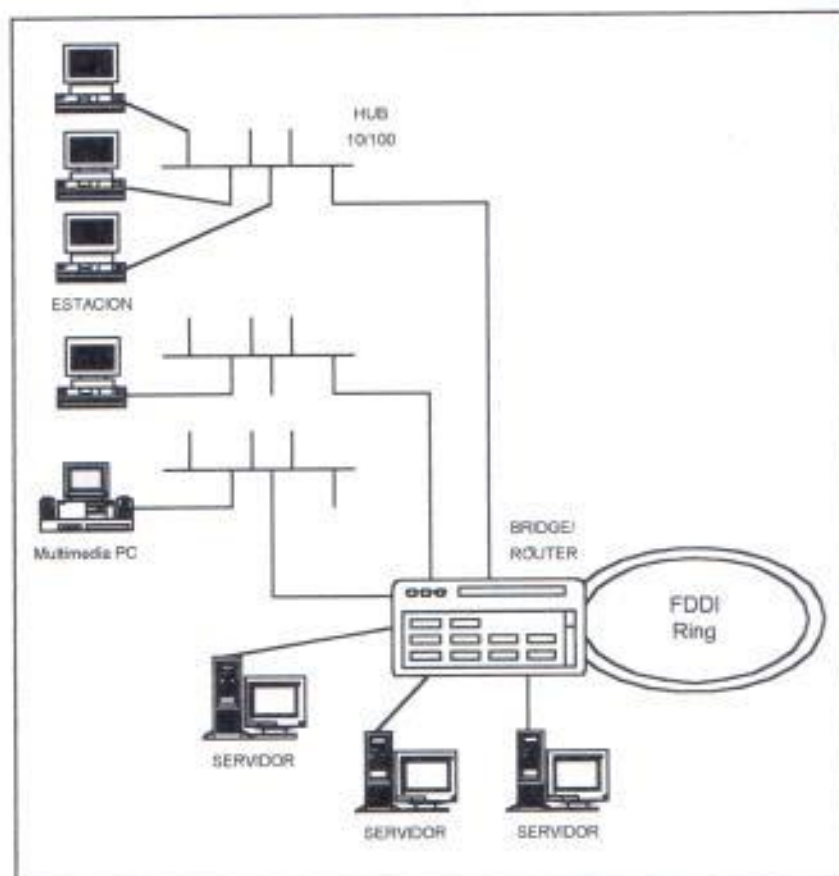


FIG. 3.3.1.1.1

BACKBONE COLAPSADO EN MEDIOS COMPARTIDOS

FUENTE: Building Cost-Effective High-Performance Networks. Bay Networks

La conmutación se aplicó con el uso de dispositivos físicos que agregaron ciertos tipos de funcionalidades a su operación, como los ruteadores y switches, que permitieron suplir las deficiencias encontradas en las redes de medios compartidos que utilizan hub o maus.

Entre los beneficios que se obtuvieron fue la posibilidad de centralizar en un solo espacio físico aquellos dispositivos encargados de concentrar la mayoría de las conexiones de red, o al menos las más críticas como las que definen los accesos a internet. Reduciendo de esta manera los recursos, como seguridades y tiempo/técnico, que en gran demanda se requerían en redes de medios compartidos.

El desempeño de la red también se afectó positivamente, pues la conmutación permitió que se mejoren los tiempos de respuestas en todo tipo de transacciones que se realicen en la red. Mejora que fue consecuencia de que los puertos de un switch se conviertan en dominios de colisión independientes, como se analizó en la sección 3.2.4.

En la actualidad y sobre todo enfocando el comportamiento en Guayaquil, se tiene clara la idea de ir un paso adelante hacia nuevas generaciones de dispositivos de red, que están acompañados también de la administración lógica de la segmentación o de la ubicación de los usuarios, grupos de trabajo o segmentos físicos de las redes. Estas tendencias serán analizadas con más detalle en las secciones siguientes.

3.3.1.2 REDES VIRTUALES

El mejoramiento del diseño de redes además de considerar conmutadores o switches tipo ethernet, token ring, e incluso ATM, a dado surgimiento a conceptos paralelos en el área de administración. Agregar a las redes conmutadas beneficios como el poder crear redes lógicas, que no estén limitadas por la estructura o la segmentación física de las redes, son herramientas que ayudan a las empresas a la creación de nuevos grupos de usuarios dinámicos, flexibles y distribuidos; que pueden ser trasladados de un segmento de red a otro sin necesidad de reprogramaciones a nivel del cliente, sino de configurarlo desde un

sitio centralizado, como un centro de cómputo.

De manera práctica varias redes lógicas pueden existir en una sola red física; así, mientras una red física se forma con grupos de estaciones o de usuarios distribuidos en un sector determinado de una empresa y conectados a dispositivos como switches o hubs mediante una estructura de cable; la red lógica se forma de estaciones finales que no se concentran en un determinado sector físico de la empresa; sino, por lo contrario, están distribuidos a lo largo y ancho de toda la red de la empresa.

Los usuarios de la red lógica están en capacidad de comunicarse unos con otros de forma directa, sin necesidad de requerir de un ruteador a pesar de encontrarse en subredes muy diferentes. Tal configuración es posible con el uso de concentradores o conmutadores que permitan la formación de redes virtuales, esto se esquematiza en el gráfico 3.3.1.2.1.

El gráfico 3.3.1.2.1 muestra 2 redes lógicas, A y B, ambas formadas por estaciones que se encuentran ubicadas en redes físicas diferentes; esta es la ventaja de una red virtual, pues permite que una estación de la red A pueda ubicarse en cualquier otro segmento físico sin perder la consideración de pertenecer a la red virtual A. Así, una estación ubicada en la red lógica A, digamos la estación A.1, inicia una transmisión que será recibida únicamente por la estación A.2 y por el servidor; más no por las estaciones de la red lógica B, a pesar de compartir el mismo segmento físico que la estación A.1.

De esta manera se mejora la administración de la red, se eliminan mensajes por difusión que son innecesarios, los que ralentizan y saturan la red; además de permitir eliminar la reorganización manual de cables en los cuartos de cableados, y los innecesarios viajes

hacia ellos, lo cual también aleja la posibilidad de un error humano en el manejo de los cables que puede repercutir en todo el funcionamiento global de la red.

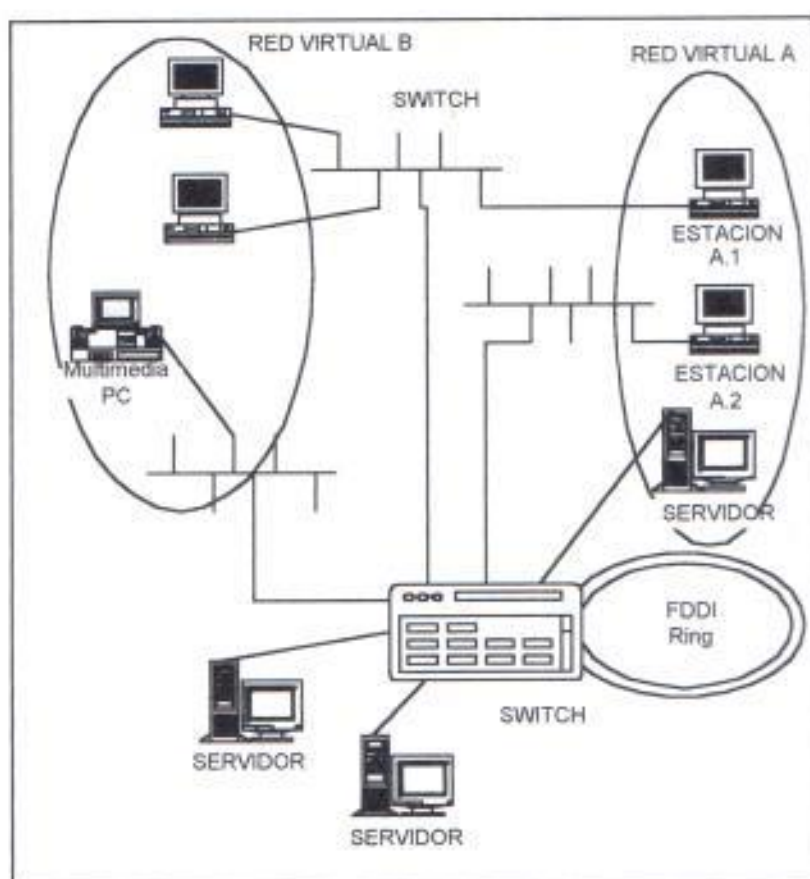


FIG. 3.3.1.2.1
DISEÑO DE REDES VIRTUALES EN AMBIENTES CONMUTADOS
FUENTE: El valor de la configuración de conmutación por puertos. Bay Networks

3.3.1.3 SOPORTE A TECNOLOGIAS DE GENERACION SUPERIOR

Diseñar redes que incorporen en su estructura capacidades de escalabilidad, flexibilidad, seguridad y operabilidad, es una característica propia de nuevos horizontes tecnológicos que tienen como objetivos establecer ambientes de redes con posibilidad de aceptar todos los cambios tecnológicos de manera modular o creciente, manteniendo en lo posible las inversiones originales realizadas en los sistemas o en los cableados de red.

La generación de nuevas redes no está determinada únicamente por las características de configuración lógica, sino también por la existencia de tecnologías de punta, que siendo diseñadas inicialmente para optimizar el uso de anchos de bandas limitados en las redes de área amplia, han sido implementadas en el ámbito de las redes de área local.

La necesidad de implementar tecnologías que liberen de saturación a las redes Lan fue la que aceleró la aplicación de estas tecnologías a nivel de los computadores de escritorio. Estas tecnologías poseen características propias, las que establecen mejoras adecuadas tanto a nivel LAN como WAN; y son compatibles entre ellas.

Técnicamente, las diferencias entre viejas estructuras de redes y las nuevas tendencias se puede representar en la operación que tienen tanto ruteadores tradicionales, como los switches de paquete o celdas que se instalan últimamente en las redes. Así, mientras los ruteadores usan una especie de conmutación basada en memoria de puertas lógicas, los switches hacen la conmutación basados en el silicon, resultando una tecnología mucho más veloz que la utilizada por la memoria.

El gráfico 3.3.1.3.1 representa un elemento de conmutación, las celdas o paquetes entran por un puerto de entrada, y usando rutas paralelas y elementos de conmutación, cruzan hacia los puertos de salida.

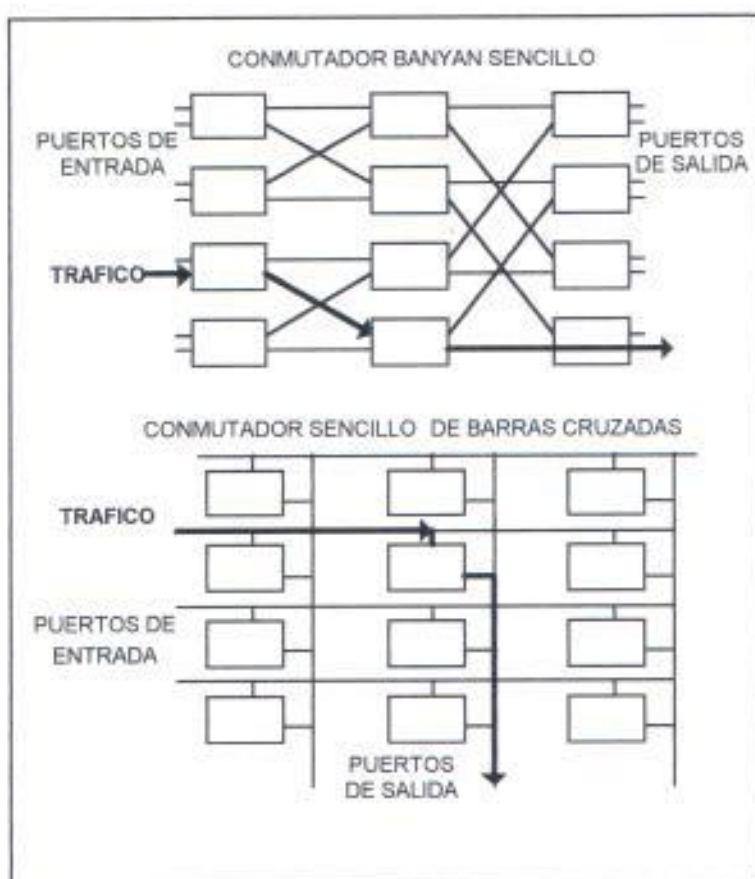


FIG. 3.3.1.3.1

TIPOS DE CONMUTADORES DE TRAFICO

FUENTE: Paradigmas de conmutacion, Bay Networks
 Northeast Consulting Resources, Inc. Boston

3.3.2 CONMUTACION DE PAQUETE

La conmutación de paquete es una tecnología aplicada tanto en el ámbito de redes locales, como en comunicaciones de larga distancia, tipo redes WAN, aunque varía en su aplicación, en ambas redes tiene como finalidad aumentar el rendimiento de éstas.

A nivel de una red local la conmutación de paquete se establece entre dos nodos extremos, así: la dirección destino de cada uno de los paquetes recibidos por la red se procesa en el conmutador

más cercano. A continuación, el paquete es enviado a través de la red para que lo reciba el nodo destino, estableciéndose un vínculo de alta velocidad punto a punto entre los dos nodos, origen y destino; al aumentar el número de vínculos punto a punto entre diferentes nodos, se establecen varias comunicaciones paralelas en la red. Se obtiene así, incrementos en el rendimiento de la red debido a que la capacidad de ancho de banda de la red se multiplica con la adición de cada uno de los conmutadores. De idéntica manera, conforme se incrementa el número de usuarios de la red, el ancho de banda también se incrementa, causando un efecto contrario a lo que sucede con las redes locales de medios compartidos. El rendimiento puede incrementarse aún más si se logra incrementar la velocidad a la que se conectan los dispositivos claves, digamos a unos 100 Mbps.

A nivel de redes de comunicaciones, la tecnología de conmutación de paquetes es una colección de nodos de conmutación que tienen un conocimiento completo del estado de la red; aunque desafortunadamente siempre existirá un retardo en la propagación de cualquier cambio que se de en la topología de la red. Es notorio, entonces, que una red de conmutación de paquetes no es perfecta, y debe por lo tanto tener algoritmos que minimicen las penalidades. En este ambiente, existen varias tecnologías que se han desarrollado según la tendencia del mercado y de medios de transmisión; entre ellas tenemos X.25 y Frame Relay.

X.25 es una tecnología de conmutación de paquetes desarrollada para trabajar en ambientes con un alto grado de probabilidad de error en el medio de transmisión. Frame Relay es la generación siguiente a X.25, desarrollada para trabajar sobre medios de transmisión con un alto grado de seguridad y estabilidad, y es la tecnología que a nivel de redes WAN tiene la más alta aceptación en el mercado de Norteamérica, tendencia que no se cumple en nuestro país. Frame Relay tiene en Guayaquil una presencia a nivel de redes de telecomunicaciones de última milla, por lo que se considera un breve análisis sobre su tecnología.

3.3.2.1 TECNOLOGIA FRAME RELAY

Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida, basada en tramas y en estándares internacionales. Puede utilizarse como un protocolo de transporte y de acceso en redes públicas o privadas usando servicios de comunicaciones. Frame Relay es básicamente un protocolo de la capa 2 del modelo OSI que realiza detección de errores, pero que no los corrige, dejando esta tarea a los protocolos de las capas superiores.

Frame Relay puede combinar estadísticamente muchos circuitos virtuales sobre un solo enlace físico de transmisión. La red que tiene la interface Frame Relay puede ser la red pública de un proveedor o una red privada empresarial. Su tecnología se basa en el uso de una tecnología de transmisión digital avanzada que incluye el uso, incluso, de fibra óptica, obteniendo como contraparte una alta rentabilidad y tasas muy bajas de errores.

La especificación Frame Relay, desarrollada conjuntamente por compañías como Cisco, Digital Equipment, Northern Telecom y Stratacom, utiliza un identificador de conexión a nivel de la capa de enlace de Frame Relay (DLCI). DLCI referencia a circuitos virtuales separados a través de un conexión de acceso a una red amplia; de esta manera el dato que ingresa a un nodo Frame Relay se transmite especificando un DLCI, en preferencia a una dirección destino. Esta especificación de la conexión, el valor DLCI, se analiza en el nodo de la red; si está correcta, es entregada al destino, si existe un error la trama es, por lo contrario, descartada.

La figura 3.3.2.1 muestra una red Frame Relay típica; aquí 2 ruteadores se conectan a la red usando un protocolo de la interface estándar de Frame Relay, FRI; así, uno de los ruteadores actúa como transmisor y el otro actúa como receptor, la información que se

transmite es manejada entre los dos terminales.

En el gráfico 3.3.2.1.1, el ruteador origen añade una cabecera al dato del usuario que se transmite; la cabecera contiene un número de 10 bits, el DLCI, que corresponde al nodo destino en particular. Este número DLCI es usado en la red Frame Relay para rutear las tramas. Este proceso es reversado en el nodo destino, que finalmente es quien revisa la integridad de la trama, y la entrega al usuario o red destino.

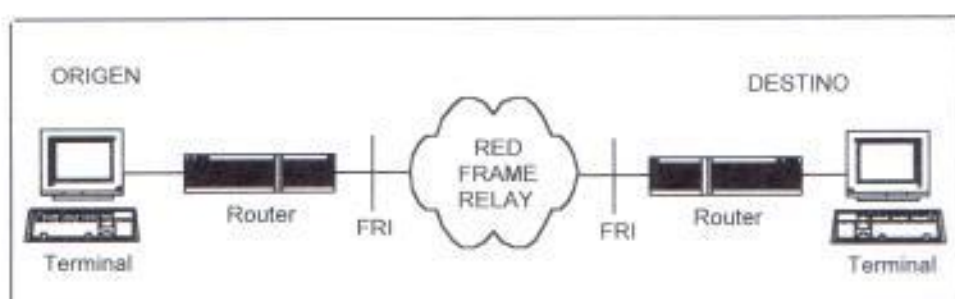


FIG. 3.3.2.1.1
RED FRAME RELAY BASICA

3.3.2.2 APLICACIONES

Una red privada Frame Relay típica usa equipos tradicionales como multiplexores T1 y E1 con interfaces frame relay para dispositivos de datos, así como interfaces no-frame relay para aplicaciones como video conferencia. La figura 3.3.2.2.1 muestra esta configuración que permite que enlaces privados WAN sean compartidos de manera flexible y rentable entre diferentes orígenes de información.

Un servicio público Frame Relay es desarrollado instalando equipos Frame Relay en las oficinas centrales del proveedor de telecomunicaciones. Con este servicio, los usuarios pueden obtener beneficios económicos como tasas de transferencias sensitivas al tráfico, y

tarifas fijas y de bajo costo. Así, en cualquier tipo de red, las líneas que conectan los equipos de los usuarios a los equipos de red pueden operar a velocidades seleccionadas en un rango aceptable de tasas de datos. Son comunes tasas entre 56 Kbps y 2 Mbps, por lo que Frame Relay puede soportar velocidades altas y bajas.

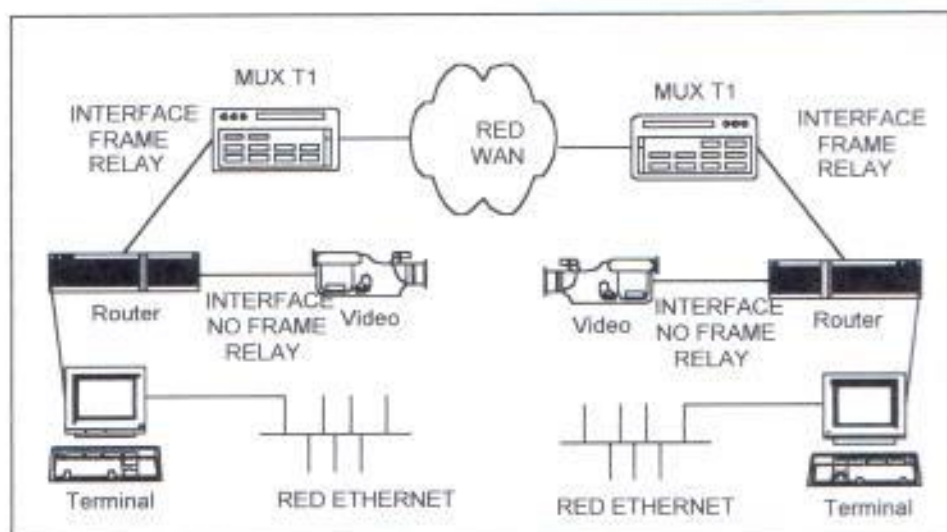


FIG. 3.3.2.2.1
RED FRAME RELAY HIBRIDA

Aunque inicialmente Frame Relay se manejó bajo ciertos estándares de grandes redes de telecomunicaciones públicas, como el rango de transmisión que utilizaba, muy pronto se desarrolló como un tipo de tecnología de conmutación independiente de aquellas redes. Estas redes conocidas como ISDN (Integrated Services Digital Network) defnían canales de comunicación de 64 Kbps como unidad básica de conmutación de circuitos, luego su aplicación se extendió a tasas de transmisión de 2 Mbps, pero la mayor contribución de ISDN es haber generalizado el criterio de que toda red de telecomunicaciones con tasas de transmisiones inferiores a 2 Mbps sea conocida como ISDN. Debido a lo cual aquellas redes de telecomunicaciones que cubren grandes áreas geográficas y que manejan tasas de

transmisión superiores a 2 Mbps se conocen como Broadband-ISDN (B-ISDN)

En Guayaquil, Pacifictel no a implementado el servicio frame relay, de tal forma que la única implementación posible es a nivel privado, como ocurre con redes frame relay que proveedores de transmisión de datos han montado como red de última milla para facilitar el acceso al servicio de Internet.

3.3.3 CONMUTACION DE CELDA

La conmutación de celda define un sistema basado en paquetes de tamaño fijo y corto, conocidos como celdas. Las celdas a diferencia de los paquetes de longitud variable ofrecen características óptimas para transportar video, voz o datos; esta capacidad que posee la conmutación de celda para transportar diferentes tipos de tráfico se debe a la particularidad de manejar niveles de retardo muy inferiores a los que ofrece la conmutación de paquetes.

Entre los causales para que la conmutación de celdas posea retardos inferiores a los de cualquier red de paquetes, está el hecho de que posee un mínimo control de errores con lo que se reduce el tiempo de procesamiento de las celdas en cada uno de los nodos de una red de conmutación, de esta manera se habilitan transferencias a muy altas velocidades. Una consideración adicional para que una red basada en celdas posea tiempos de conmutación rápidos es que utiliza unidades fijas y cortas en tamaño; lo que facilita el manejo de las celdas pues es poco el tiempo que se requiere para procesarlas en un switch, a diferencia de lo que sucede con el manejo de los paquetes que por lo general son mucho más grandes que una celda, lo que requiere mayor tiempo de proceso.

La conmutación de celda es utilizada por dos estándares, los mismos que fueron definidos para ambientes diferentes de redes de área amplia. Así tenemos que el estándar IEEE 802.6, también

conocido como Distributed Queue Dual Bus (DQDB), fue diseñado para utilizarse en redes de tipo MAN¹³. El otro estándar conocido como Asynchronous Transfer Mode, ATM, se desarrolló para redes tipo WAN. Ambos estándares manejan celdas, slots según DQDB, de 53 bytes, pero se diferencian en la velocidad de transmisión que poseen; pues mientras DQDB trabaja con una tasa de transmisión no mayor a 155 Mbps, ATM se maneja con los límites que posean tanto SDH como SONET, las cuales son tecnologías de transmisión que pueden superar los 2 Gbps.

3.3.3.1 TECNOLOGIA CELL RELAY

La conmutación de celda es también conocida como tecnología Cell Relay, la misma que como se explicó en la sección anterior es utilizada por dos estándares principales, cada uno de ellos orientado a redes de diferente cobertura geográfica. De los dos estándares, la tecnología que se ha desarrollado más rápidamente es ATM, su uso se ha extendido tanto que se la considera como parte fundamental en los diseños de redes locales, como de redes amplias.

El uso de la conmutación de celdas en redes extensas generalizó un criterio que se había analizado en la sección relativa a Frame Relay, el de que aquellas redes extensas con altas tasas de transmisión requerían seguir ciertos estándares y reglas específicas por lo que la organización ITU-T definió un modelo referencial llamado Broadband-ISDN, B-ISDN. Este modelo estructural consideró a ATM como la tecnología de conmutación ideal. En relación al otro estándar de conmutación de celda, DQDB, su desarrollo se debió al comité IEEE 802 que lo definió como estándar para redes de cobertura metropolitana, es decir para redes MAN.

¹³ Red MAN: Red de área metropolitana. Una red con una cobertura geográfica inferior a una red WAN.

Las dos tecnologías, ATM y DQDB, además de ser orientadas a redes con una cobertura geográfica diferente, se diferencian también en la técnica de transmisión que utilizan. Así, ATM utiliza métodos asíncronos para transmitir tráfico; mientras que DQDB se basa en una propuesta sincrónica denominada Queued Packet Synchronous Exchange (QPSX)¹⁴.

De los métodos para transmisión de tráfico usados por ATM y DQDB, es la conmutación asíncrona que realiza ATM la que ha ofrecido un soporte más amplio para transmitir una mayor variedad de tráfico, lo que es una consecuencia del objetivo con que fue pensada y creada ATM: el ser orientada al manejo de diferentes tipos de redes tanto en topología como en protocolos.

De las dos tecnologías de conmutación, es ATM quien ha ganado una participación casi total en el manejo de diferentes tipos de datos en base a sus características de operación, y al apoyo logístico y normativo que le han brindado diferentes organismos internacionales, lo que la ha convertido en la tecnología estándar de las redes B-ISDN. A continuación se analizarán ciertas particularidades que ayuden a comprender la operación de ATM, y la razón de ser considerada como la tecnología ideal para implementar el backbone para las redes públicas de una ciudad, o de un país.

Las celdas ATM son paquetes de longitud fija de 53 bytes. Como consecuencia de esta constitución se tiene una especie de matriz formada por 8 columnas (8 bits o 1 byte) y por 53 filas (53 bytes), 8x53. Cada celda posee una carga útil de 48 bytes y una cabecera de 5 bytes. La figura 3.3.3.1.1 muestra la formación de la celda ATM y de su cabecera, este tamaño de celda es el que permite reducir el tiempo de conmutación y procesamiento en

¹⁴ QPSX: Fue inicialmente propuesta en el año 1988 por la universidad de Western, Australia.

la red. En el gráfico de la celda ATM se muestra en detalle la formación de la cabecera de 5 bytes; cada byte está formado por 6 campos diferentes, cada uno de ellos de un tamaño variable. A continuación se analizan cada uno de los campos que forman la cabecera de una celda que se transmite en la conexión existente entre un usuario con un nodo de una red ATM.

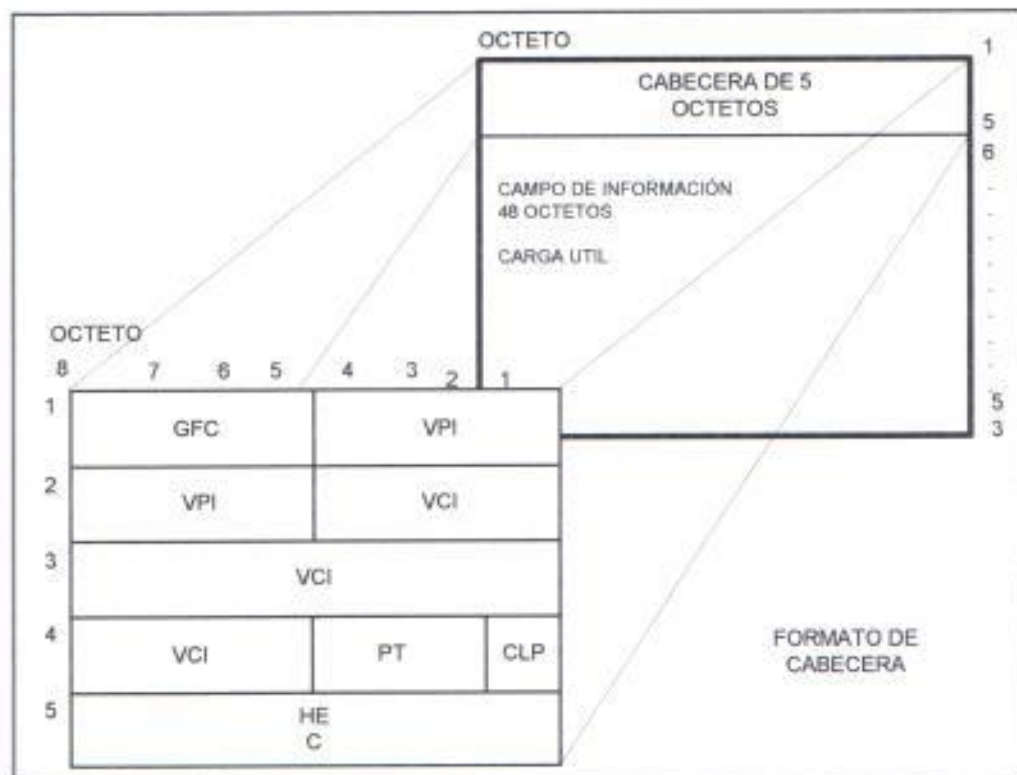


FIG. 3.3.3.1.1
FORMATO DE CELDA ATM

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar

Generic Flow Control, GFC. Este campo únicamente existe en la interface usuario-red, más no en una celda interna de una red ATM. Su uso se relaciona con el manejo de flujo de información que el usuario puede hacer para priorizar determinadas celdas, y así aliviar ciertas condiciones de sobrecarga que pueden darse en una conexión usuario-red.

Virtual Path Identifier, VPI. La conmutación a través de una red ATM entre equipos de la red, o aquella conmutación que se realiza internamente en un nodo ATM se basa en la formación de un camino virtual, VP, el cual define un camino de comunicación entre un nodo origen y un nodo destino. A su vez cada VP contiene diferentes conexiones que se establecen entre varias aplicaciones o servicios existentes en una red ATM, las que son conocidas como caminos virtuales, VC. Una conexión entre nodos ATM puede establecer varios VP, cada uno con un identificador particular, VPI, el cual simplifica las labores de ruteo y administración a realizarse en la red. El campo VPI usa 8 o 12 bits.

Virtual Channel Identifier, VCI. Usado para establecer conexiones entre diferentes servicios o aplicaciones de una red ATM. No se identifican con un VPI en particular en una conexión, por lo que pueden cambiar de VP durante su manejo en un nodo ATM. Es por esto que se crean tablas de conversión de VC en los nodos, de manera que un VC se pueda asignar a diferentes VP con ayuda de un identificador entrante y un identificador saliente. El ancho de banda que utiliza un VCI se establece al momento de la transmisión, y utiliza un campo de 16 bits.

Payload Type, PT. Es un campo de 3 bits que es usado para diferenciar las celdas que utilizan un mismo circuito virtual, las celdas pueden contener información de operación, administración y mantenimiento de la red, o información del usuario.

Cell Loss Priority, CLP. Utilizado para indicar explícitamente aquellas celdas que tienen prioridad baja, ajustando este campo a 1. Las celdas de prioridades más bajas pueden ser descartadas por la red en una situación de congestión en ella, dependiendo de las condiciones de operación de la misma red, siendo este bit la única prioridad que concede

ATM al manejo de información.

Header Error Control, HEC. Presenta un cálculo CRC en los primeros 4 bytes de la cabecera de la celda, para detección y corrección de error. Este cálculo de error es establecido únicamente a nivel de la cabecera, ningún cálculo de error se realiza a nivel de la carga útil.

La figura 3.3.3.1.2 muestra como se maneja el tráfico que es conmutado en una red ATM, el principio fundamental es facilitar el manejo de grandes volúmenes de información a través de la separación o fragmentación en pequeñas unidades de tamaño fijo, y sin tener que considerar el tipo de información, simplemente ATM corta la información en bloques de tamaño pequeño.

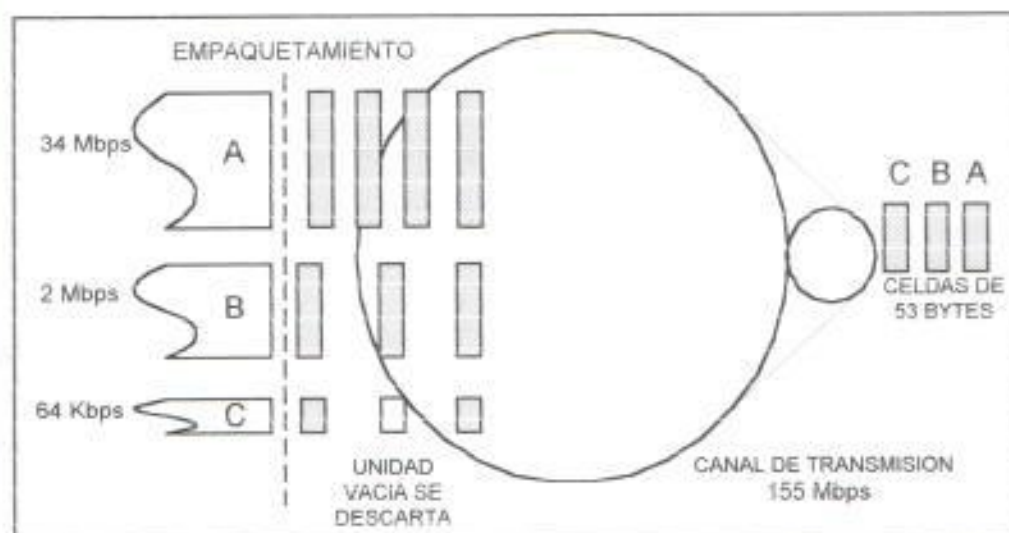


FIG. 3.3.3.1.2
PRINCIPIO DE ATM

FUENTE: Broadband Communications: Balaji Kumar

En la figura 3.3.3.1.2 se grafica el trato que se le da al tráfico proveniente de tres fuentes que transmiten a velocidades diferentes: 64 Kbps, 2 Mbps y 34 Mbps. El tráfico de las

3 fuentes es cortado en celdas de tamaño pequeño de manera que luego son ubicadas en un canal de comunicación que maneja todas las celdas por igual, por lo que se optimiza el uso del canal. Esta optimización se logra con una técnica conocida como multiplexación estadística, una técnica similar es la que utiliza TDM pero con una gran diferencia que se la analiza a continuación.

En una red ATM varias fuentes de información son combinadas o multiplexadas en un enlace simple. En una red TDM, el ancho de banda efectivo es simplemente la suma del ancho de banda individual de cada una de las fuentes. Así, si 2 fuentes diferentes tienen un ancho de banda de X bps y Y bps respectivamente, entonces tenemos que el ancho de banda efectivo es $(X+Y)$ bps. En cambio, en la red ATM el ancho de banda efectivo para las mismas fuentes es Z bps, donde $Z < (X + Y)$ debido a que ATM conmuta información válida, descartando celdas con información errónea o de valor nulo. De esta manera se logra reducir el ancho de banda efectivo. Además de que el trato que un switch ATM le da a las celdas es simplemente manejar la celda sin importarle lo que ésta contenga. Para esclarecer la diferencia entre TDM y ATM se analizará la figura 3.3.3.1.3.



FIG. 3.3.3.1.3

COMPARACION ENTRE TDM Y ATM

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar

En la fig. 3.3.3.1.3 se muestra el comportamiento que tendrían 3 fuentes de información en un sistema TDM, y en un sistema ATM. En TDM se asignan espacios de tiempo, slots de tiempo, a cada información proveniente de cada una de las 3 fuentes, indiferentemente de que en el tiempo asignado a una de las fuentes esta tenga o no información para enviar, el slots de tiempo asignado se respeta. La desventaja de este método se puede observar, por ejemplo, para la trama C3 que deberá esperar que transcurran los slots 1 y 2 para que su información sea transmitida aun a pesar de que en esos slots, 1 y 2, no se disponga de información para enviar.

A su vez, para el mismo ejemplo de la trama del ejemplo anterior, el comportamiento que ATM tiene es diferente; inicialmente convierte la información en celdas cortas y de un tamaño fijo, luego le asigna una identificación particular a cada celda, VPI/VCI, y procede a transmitir las. Si alguna de las fuentes carece de información para enviar, ATM procede de inmediato a enviar información de la fuente siguiente, de esta manera no existe una asignación ineficiente de tiempo o ancho de banda para alguna de las fuentes.

La conmutación de celda de tipo asincrónica que ofrece ATM relaciona la operación entre el reloj del nodo origen y el del nodo destino. La carencia de sincronismo que existe entre ambos relojes es resuelta insertando y removiendo las celdas vacías y sin uso, tarea que se realiza al transportar celdas ATM con tecnologías de transmisión sincrónica como lo es SDH, e incluso SONET. Se garantiza de esta manera el transporte de información sin importar las condiciones del tráfico de origen en términos de tasa de transferencia, tipo de tráfico, requerimientos de calidad o de la presencia de ráfagas de tráfico.

Como se explicó en párrafos anteriores, ATM define de manera simple la tecnología cell

relay. Así, su operación no se basa en el contenido de la información ni en su forma; tan solo corta la información en celdas de tamaños cortos e iguales, y le agrega a cada una de las celdas una cabecera para que puedan ser ruteados o enviados a su destinatario.

La tecnología ATM no es solo la conversión de paquetes de tamaño variable en celdas de tamaño fijo, toda su funcionalidad responde a un modelo estructural formado por una pila de protocolos, y que se presenta en la figura 3.3.3.1.4.

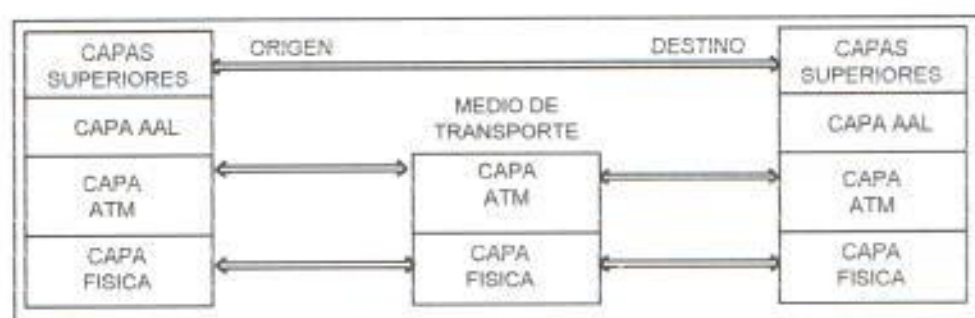


FIG. 3.3.3.1.4
PILA DE PROTOCOLOS ATM

La arquitectura que se muestra en la figura 3.3.3.1.4 es la definida por ITU-T para ATM, la cual se basa en una capa física que relaciona el medio de transmisión y el esquema de la encodificación utilizada por técnicas como SDH, SONET, etc. Las dos capas siguientes, ATM y AAL, relacionan directamente la tecnología de conmutación.

La capa ATM es común a todos los servicios de la red y da la capacidad de transferencia de celdas, y el uso de conexiones lógicas. Además de que su presencia crea la necesidad para la capa AAL, la cual se relaciona con el tipo de servicio a brindar como voz, video o datos, y con la adaptación que debe brindarle al tráfico no-ATM que será conmutado por la capa ATM. Las capas superiores proveen las funciones que no realizan las capas ATM como detección y corrección de errores.

Un ejemplo del trato que se da a aplicaciones no-ATM es el que recibe voz PCM que es un servicio que puede producir un flujo de bits desde una señal de voz. Para emplear esta aplicación en ATM, es necesario ensamblar bits PCM en celdas para transmitirlos y que puedan ser leídos en el receptor.

De idéntica manera a la voz PCM, existen muchas aplicaciones que para transportarse a través de redes ATM requieren procesos de conversión de su señal original en celdas ATM. Para que ATM soporte esas aplicaciones o clases de servicios se ha definido un set de protocolos dentro de la capa AAL.

La capa AAL es organizada en 2 subcapas lógicas: la subcapa de convergencia (CS) y la subcapa de segmentación y reensamblamiento (SAR).

La capa de convergencia provee aquellas funciones necesarias para soportar aplicaciones específicas usando AAL. De tal manera que cada usuario de AAL, como por ejemplo una aplicación de voz o de videoconferencia, se identifica con una especie de puntero que se conoce como punto de acceso de servicio (SAP). Esta subcapa se relaciona, por lo tanto, directamente con el servicio a brindar: voz, video, etc.

La subcapa de segmentación y reensamblamiento es responsable de empaquetar toda la información recibida de la subcapa CS en celdas para la transmisión a través de la red, luego de lo cual procede a desempaquetarla en el extremo final, es decir, en el lado del receptor de la información. Estándares ITU (International Telecommunication Union) definen varios tipos de protocolos para cada una de las clases de servicios que pueden prestarse en ATM. Estas clases de servicio se consideran van desde el tipo 1 hasta el tipo

4. Los tipos 3 y 4 se han definido en un nuevo tipo conocido como tipo 5.

La operación básica que se da en estos tipos de servicio es que las capas superiores, fig. 3.3.3.1.5, entregan un bloque de información que es encapsulado dentro de una unidad de datos de protocolo (PDU) en la subcapa CS. El PDU pasa, entonces, a la subcapa SAR, en donde es fragmentado y ubicado dentro de la carga útil o campo de información de la celda ATM, cada bloque de carga útil tiene una longitud de 48 bytes. El análisis se lo realiza considerando un servicio AAL tipo 3/4. La figura 3.3.3.1.6 muestra la clasificación de servicios para AAL.

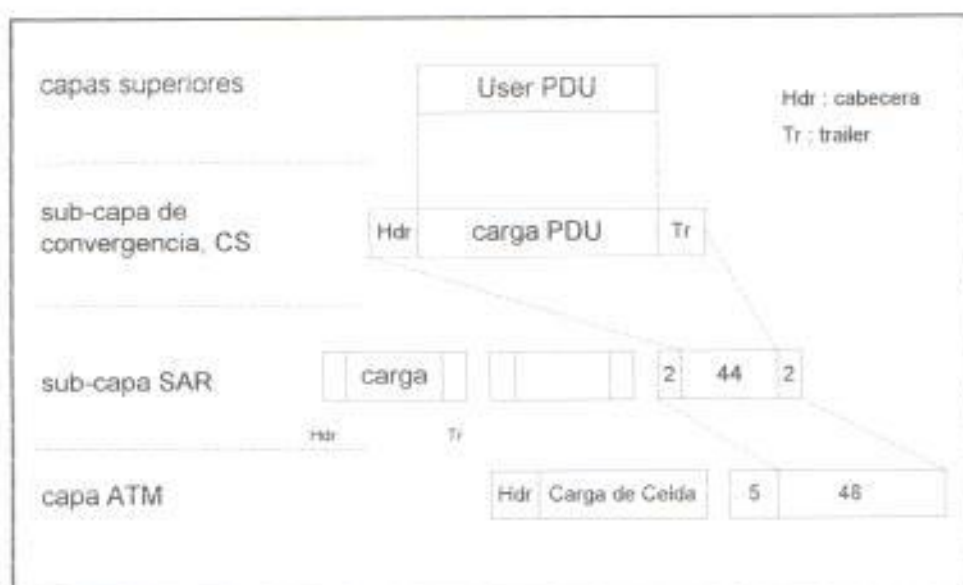


FIG. 3.3.3.1.5

MAPEO DE DATOS DE USUARIO EN AAL 3/4

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar

En el gráfico 3.3.3.1.5 se observa que cada subcapa añade sus propias cabeceras y trailers a la unidad de información que recibe de la capa superior.

	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
SINCRONISMO ENTRE FUENTE Y DESTINO	REQUERIDO	REQUERIDO	NO REQUERIDO	NO REQUERIDO
TASA DE BIT	CONSTANTE	VARIABLE	VARIABLE	VARIABLE
MODO DE CONEXION	ORIENTADA A LA CONEXION	ORIENTADA A LA CONEXION	ORIENTADA A LA CONEXION	NO ORIENTADA
PROTOCOLO AAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 5	TIPO 3/4

TABLA 3.3.1.6

CLASIFICACION DE SERVICIOS PARA AAL

FUENTE: DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS, W. STALLINGS

3.3.3.2 TRADUCCION PAQUETE A CELDA

Establecer una red basada en celdas, sea esta a nivel de áreas locales o de áreas amplias, requiere considerar que todos los dispositivos que se agreguen a la red posean interfaces ATM; lo cual es una suposición errónea. Si bien existen ya equipos o servicios que usan interfaz pura ATM, esto no se cumple en su totalidad, se debe, por lo tanto, fomentar una técnica que permita realizar la conversión de una unidad de un protocolo determinado a celdas ATM.

Si consideramos que la mayoría de los sistemas o redes existentes en la actualidad usan paquetes como unidad fundamental de transporte, se debe aplicar la traducción de dicho paquete a celda. La conversión, por ejemplo, de un paquete de red ethernet a celda ATM permite que se pueda comunicar la red local ethernet a una red ATM. Esta técnica existe y es conocida como "emulación de red local", ELAN. El proceso de conversión considera fragmentar paquetes de tamaño variable en celdas de tamaño fijo de 53 bytes; es decir, se realiza una especie de celdificación.

Esta facilidad que tienen las redes de conmutación de celda permite proteger la inversión que existe actualmente en redes que utilizan tarjetas o interfaces adaptadoras de paquetes, a la vez que acelera la migración y escalabilidad de la conmutación de paquetes en redes de conmutación de celdas. Así, se pueden obtener varios esquemas de redes tradicionales convergiendo a redes de troncal de conmutación de celdas.

La base fundamental para permitir la traducción paquete a celda es la función SAR que se realiza para cada paquete de red. Esta función fue ya detallada en la sección 3.3.3.1. En cuanto a los sistemas que actualmente existen en Guayaquil y que podrán utilizar este tipo de traducción de ATM son, sin duda, las redes ethernet en su gran mayoría. Otro tipo de tecnología que puede hacer uso de la traducción es frame relay pero no es una tecnología difundida en nuestro medio.

A nivel de redes LAN, existen 2 métodos que permiten que ATM interopere con ellas; y tal integración se basa en la manera en que los protocolos de la capa de red de estas redes operen sobre una red ATM basados en un método conocido como "overlay networks"¹⁵, redes superpuestas, con una operación similar a como se encapsula un protocolo, netbios, sobre otro protocolo, IP por ejemplo, en redes WAN o LAN.

Uno de los métodos es conocido como modo nativo. Este método realiza una conversión o mapeo de direcciones de la capa de red del modelo OSI en direcciones ATM, pero este método no es un estándar de la industria. El segundo método y estándar de la industria es el método conocido como LAN emulation (ELAN); lo que hace ELAN es emular una red

¹⁵ Overlay Networks. Manejo del protocolo de una capa de red a través de un protocolo de la misma capa, pero de una red diferente. Fuente: ATM Internetworking. Anthony Alles. Cisco Systems, Inc.

de área local en el tope de la red ATM, es decir, se define una interface de servicio para los protocolos superiores (capa de red del modelo OSI). Así, los datos enviados se encapsulan, función SAR, en un formato apropiado para la transmisión a través de la red ATM.

En el gráfico 3.3.3.2.1 se esquematizan los dos métodos para traducir paquetes de redes LAN a celdas ATM. Para este esquema se considera una red LAN con protocolo IP

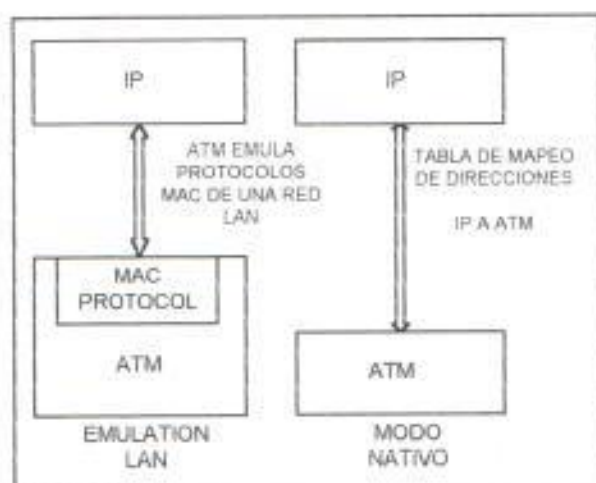


FIG. 3.3.3.2.1
METODOS DE TRADUCCION PAQUETE A CELDA
EN REDES LAN

3.3.3.3 APLICACIONES

La aplicación que tiene una tecnología de conmutación de celda como ATM es de un espectro tan amplio que prácticamente está en capacidad de cubrir todos los servicios que existen en la actualidad. Sean éstas aplicaciones a nivel de redes LAN, WAN o incluso servicios particulares como la emisión de un reportaje de televisión, ATM es capaz de servir como medio de transmisión para llevar las aplicaciones o servicios entre dos redes

distantes.

La eficacia que tiene este método de transmisión es que fue diseñado y concebido para cubrir justamente esas necesidades. Así, el uso de ATM se ha extendido pasando de ser el protocolo adecuado para utilizar en una red central que intente ser un backbone de varias redes, a ser además una solución a nivel de computadores de escritorio. Existen ya en el mercado, dispositivos que están orientados a nivel de tarjetas de red de pc's, a nivel de conmutadores de redes locales, de nodos de redes amplias, manejando en cada una de esas aplicaciones diferentes tipos de tráfico.

Los diseños de configuraciones que contemplan servir a diferentes redes a través de una red ATM se cubren con detalle en secciones posteriores, de manera general se muestra a continuación, figura 3.3.3.3.1, el diseño de una red que contempla el uso de tecnología de celdas a nivel de una red privada, como también a nivel de una red pública.

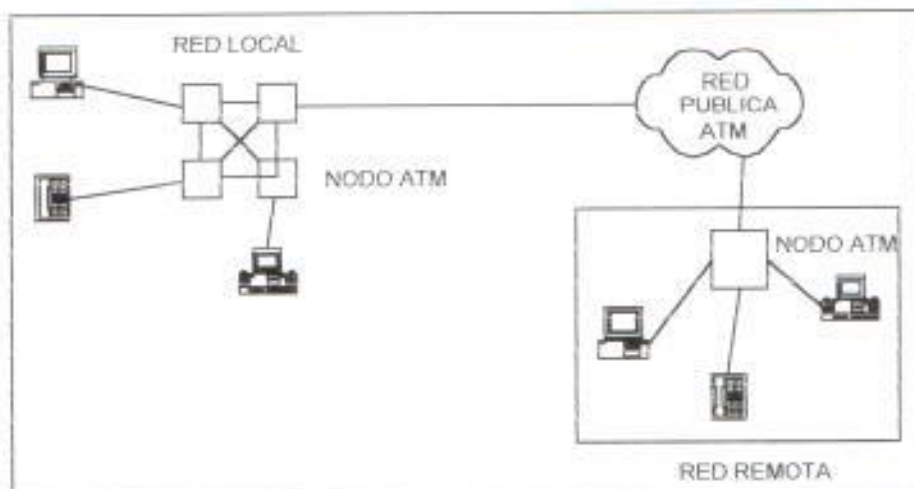


FIG. 3.3.3.3.1
 APLICACION DE CONMUTACION DE CELDA EN TRES REDES DISTINTAS

CAPITULO 4

CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISION Y TECNOLOGIA DE CONMUTACION PARA EL PROYECTO

La selección de un medio de transmisión, con capacidad y condiciones adecuadas que aseguren una alta disponibilidad de la red ante cualquier requerimiento creciente en la tasa de transmisión, es una tarea crítica, y lo es también la tecnología de conmutación que se seleccionará para el proyecto. Si bien, en las primeras secciones del capítulo 3 se realizó un análisis de los diferentes medios de transmisión y de las tecnologías de conmutación o transmisión, este análisis no fue enfocado hacia una selección particular en el medio o en la tecnología de transmisión. Este enfoque se realizará en las secciones siguientes.

4.1 SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISION

El diseño de una red pública, que tenga como objetivo el convertirse en una red de transporte común para la ciudad de Guayaquil, debe basarse en un medio de transmisión físico que ofrezca seguridad en el manejo de la información que transporta, y que sea inmune a las interferencias electromagnéticas externas. Debe, también, ofrecer ventajas adicionales como el poder manejar cualquier crecimiento, tanto en tasa como en variedad de transmisión, que pueda presentarse en el tráfico de la red pública. Para establecer el medio físico a seleccionar para la red ATM se realizan varios análisis en subcapítulos siguientes.

4.1.1 CRITERIO PARA LA SELECCION

Considerando que el objetivo primario del proyecto que se plantea, involucra un mejoramiento completo en cuanto a la capacidad y variedad de información que se transporta en la ciudad de Guayaquil, resulta necesario realizar un análisis profundo de cuáles son las ventajas que pueden considerarse decisivas al momento de seleccionar un medio de transmisión para el proyecto.

Si analizamos cuáles son los medios de transporte que actualmente se utilizan en Guayaquil, se encontrará que mayoritariamente predominan tres clases de medios:

- 1.- Medio de transmisión por radio frecuencia.
- 2.- Medio de transmisión eléctrica.
- 3.- Medio de transmisión óptica.

Cada uno de estos medios atiende diferentes demandas de transporte de datos o voz; debido a lo cual, la presencia o exclusión de determinado medio de transporte depende de la clase y cantidad de datos que se requiere transmitir. Considerando las características particulares para los tres medios de transmisión, se analizará por separado a cada uno de ellos.

1.- MEDIO DE TRANSMISION POR RADIOFRECUENCIA.- Un medio de transmisión muy utilizado debido a su gran espectro electromagnético es el aire; sin embargo, en él existen diferentes rangos de frecuencias que atienden a servicios específicos. Cada servicio, o señal de un rango particular de frecuencias, requiere de equipos de transmisión, o de recepción diferentes a los de otros rangos, por lo que no es posible que un rango que sirve a enlaces satelitales o microondas, pueda servir a los servicios que se ofrecen en el rango de las señales de la radio comercial. Pero sin duda, el gran inconveniente que tiene es que

cualquier interferencia externa corta completamente la comunicación entre el transmisor y receptor; debido a esto, cualquier enlace por aire tiene un enlace físico como respaldo a cualquier inconveniente que se pueda presentar en la transmisión. Existe, también, el hecho de tener que cancelar tarifas especiales y continuas por el uso del espacio aéreo al estado, lo que encarece las transmisiones que se realizan por este medio. En el gráfico 4.1.1.1 se aprecia que un rango de frecuencias determinado atiende a un tipo de servicio en particular.

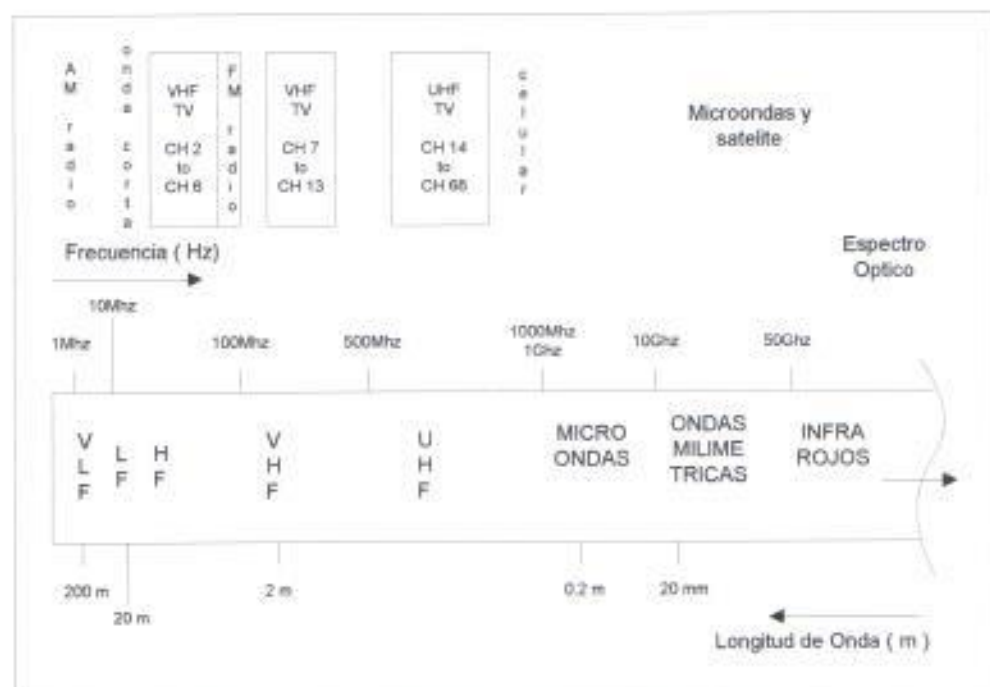


FIG. 4.1.1.1 DISTRIBUCION DEL ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIA
FUENTE: TIMEWARNER Web Site, 1999

2.- MEDIO DE TRANSMISION ELECTRICO.- El par trenzado de cobre tiene un uso predominante en las acometidas telefónicas del usuario de Pacifictel, en la llamada "última milla" de la red telefónica. Su ancho de banda de apenas 3.5 KHz le ha permitido servir a las redes telefónicas hasta la actualidad. Tiene, sin embargo, un inconveniente, y es el ser muy susceptible a interferencias eléctricas, desmejorándose como un medio adecuado para la

transmisión de datos. Este tipo de interferencias, provenientes de fuentes externas, a pesar de no influir de gran manera en las señales convencionales de voz, si causan limitaciones tanto en la distancia como en la tasa de transmisión de datos. En la actualidad es posible, con ayuda de dispositivos especiales, alcanzar una tasa de hasta 2 Mbps en la transmisión de datos; su uso, por lo tanto, es recomendable como medio de acceso remoto a una red, más no como medio de transmisión común de una red de grandes dimensiones.

Otro de los medios de transmisión eléctrica más utilizado en Guayaquil es el cable coaxial, su uso es común en la red de televisión por cable, específicamente en aquellas acometidas que llevan la señal de la televisión analógica desde las antenas hasta el aparato de televisión correspondiente. Se lo utiliza, también, en muchas otras áreas de las comunicaciones y sistemas computacionales. El ancho de banda que posee, entre 2 GHz y 5 Mhz, le permite servir a aplicaciones o servicios más variados que los que puede atender el par trenzado de cobre. Como medio de transmisión de señales digitales puede llegar a tasas de hasta 10 Mbps llevando una señal a la vez. Sin embargo, con métodos de multiplexación existe la posibilidad de combinar muchas señales en un solo cable; lo que permite elevar la cantidad de información que traslada. Con estas características, sin embargo, no representa un medio de transmisión recomendable para redes que requieren trasladar grandes volúmenes de datos a grandes distancias y a altas velocidades.

3.- MEDIO DE TRANSMISION OPTICO.- Un medio físico, también, muy utilizado es la fibra óptica. Su uso es casi una norma para cualquier sistema de comunicación que tenga como objetivo primario el establecer un medio físico de transmisión seguro en cuanto a la integridad de los datos que transporta, confiable y robusto ante interferencias externas, y sobre todo adaptable a cualquier crecimiento en la capacidad de la red. Las características

mencionadas son posibles debido a que la fibra óptica transmite las señales en forma de luz, no sufre, por lo tanto, algún tipo de interferencia debido al ruido, o a la distorsión que provoca una fuente electromagnética. La transmisión a altas tasas es posible gracias a las características que posee la luz; como la de requerir mucho menos energía para codificarse o decodificarse en los dispositivos extremos de una transmisión. Solo la capacidad óptica de estos dispositivos limita las tasas de transmisión que se pueden lograr; actualmente es lograr fácilmente tasas de hasta 2.4 Gbps con ayuda de técnicas adecuadas de transmisión.

Del breve análisis realizado a los principales medios de transmisión, se considera que existen dos características que influyen en la selección del medio de transmisión. Estas características son:

- A) Capacidad y,
- B) Distancia.

A) CAPACIDAD.- La cantidad de información que se puede transportar se mide en el paso de señales a través del sistema; algunos medios de transmisión, como los pares de cobre, trabajan bien para señales de velocidad baja, pero no para señales de alta velocidad. Pero otros, tales como el cable coaxial, son capaces de manejar las señales de alta velocidad pero únicamente sobre distancias cortas; los medios de transmisión inalámbricos tienen, también, una limitación en cuanto a la capacidad de transmisión, no así un medio físico como la fibra óptica que tiene capacidad para transmitir gran cantidad de información. Esta particularidad de la fibra le permite ofrecer un tiempo de vida útil mayor que el de cualquier otro medio de transmisión, preservando de esta manera la inversión original que se realiza con el sistema de cableado de una red.

Existen 4 parámetros que definen la capacidad de un medio de transmisión, cada uno de estos valores se encuentran relacionados estrechamente e influyen el uno sobre el otro. Estos parámetros son los siguientes:

A.1) Tasa de transmisión.

A.2) Ancho de banda.

A.3) Ruido.

A.4) Tasa de errores.

A.1) Tasa de transmisión. Es la tasa, en bits por segundo (bps), a la cual es posible transmitir los datos.

A.2) Ancho de banda. Es el ancho de banda de la señal transmitida, y depende de la capacidad del transmisor y del propio ancho de banda del medio transmisor. Es medida en ciclos por segundo, o hertz.

A.3) Ruido. Es la presencia de señales extrañas en un canal de comunicación. Se lo considera como un valor porcentual.

A.4) Tasa de errores. Es la tasa a la cual ocurren los errores, donde un error es la recepción de un 1 cuando un 0 es transmitido, o la recepción de un 0 cuando un 1 es transmitido.

Debemos considerar, por lo tanto, que la capacidad de transmisión que un medio puede manejar, con garantía en la calidad de la señal, depende de variables tales como la potencia del transmisor, de la sensibilidad del receptor y de las pérdidas en el medio de transporte.

B) DISTANCIA.- Una variable principal en la distancia de transmisión de un medio es la distorsión que una señal sufre al ser transportada a través de éste. Esta distorsión se conoce como atenuación, la cual básicamente depende de la frecuencia de transmisión. El gráfico 4.1.1.2 muestra la curva de comportamiento del cable coaxial, de la fibra óptica y del par trenzado frente al incremento de la frecuencia de transmisión, como se aprecia, cada uno de los 3 tipos de cables posee características de comportamiento diferentes.

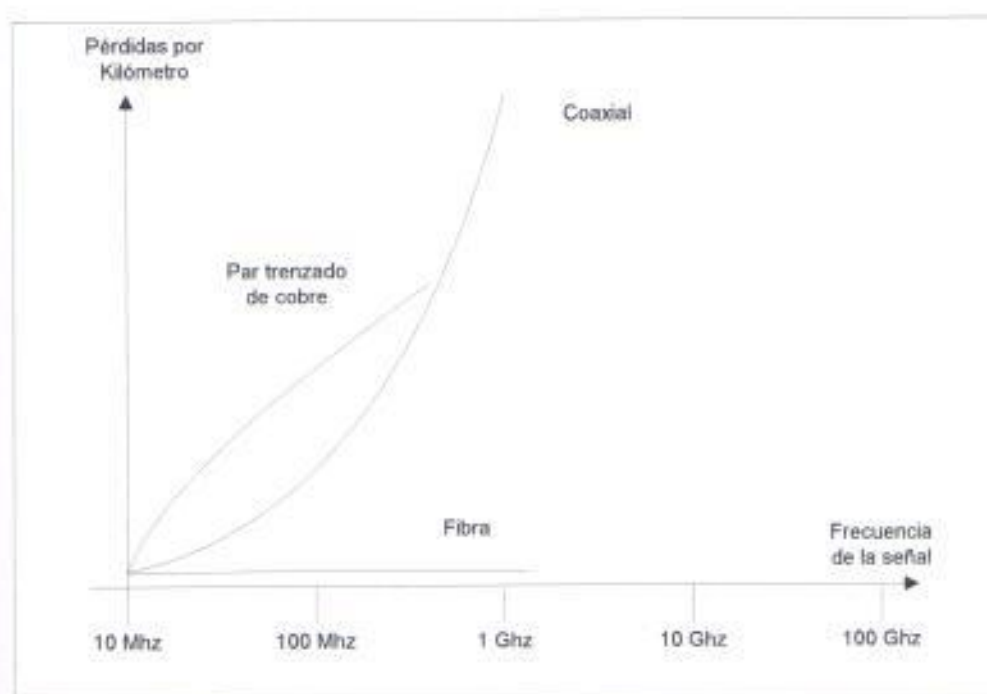


FIG. 4.1.1.2 CURVA DE COMPORTAMIENTO DEL CABLE COAXIAL, OPTICO Y DE COBRE

FUENTE: UNDERSTANDING FIBER OPTIC, JEFF HECHT

Como puede observarse en el gráfico 4.1.1.2, es muy clara la ventaja que posee la fibra óptica sobre otros medios de transmisión físico en cuanto a las pérdidas que sufre en la transmisión de señales de radio frecuencia. Este comportamiento de la fibra se mantiene en aquellas transmisiones de tipo óptico en la fibra, o eléctrico en el par trenzado y en el

cable coaxial. Aquella particularidad de la fibra óptica de manejar transmisiones cercanas a la luz infrarroja, y en otros casos, con uso de materiales de fabricación especiales, hasta velocidades muy cercanas a la luz ultravioleta, como se aprecia en su espectro óptico de la figura 4.1.1.1, la convierten en el medio físico de mayor capacidad de transmisión que existe.

Otros factores a considerar son la inmunidad que debe poseer un medio de transporte para evitar todo tipo de interferencia electromagnética, especialmente aquellas de tipo EMI y RFI. Tanto los cables coaxiales y de cobre son afectados por este tipo de interferencias externas, en menor o mayor escala, limitando por lo tanto la distancia que están en capacidad de transmitir. No sucede así con la fibra óptica, que ofrece una gran inmunidad a las interferencias externas, resultando ser el medio de mayor rendimiento y seguridad en la distancia que puede cubrir sin distorsionar los datos que transmite.

Otro factor que incide en la distancia de transmisión es el hecho de que la mayoría de los medios como el cable coaxial y el par trenzado son conductivos¹⁵; por lo tanto, requieren en toda su extensión de aislamiento eléctrico¹⁶; no sucede esto con la fibra óptica que es no-conductiva, debido sobre todo al material con que es construida.

4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE CADA MEDIO

Para establecer de manera más clara el rendimiento que poseen los diferentes medios de transmisión a diferentes tasas y frecuencias, se establece una tabla de comparación entre los principales medios utilizados en Guayaquil, tabla 4.1.1.1.

¹⁵ Conductivo.- Es la capacidad de un medio para transmitir corrientes eléctricas.

¹⁶ Un medio conductivo requiere aislamiento eléctrico para evitar que sirva como medio de transmisión de corrientes indeseables entre 2 sistemas diferentes.

MEDIO DE TRANSMISION	TASA DE TRANSMISION	ANCHO DE BANDA	DISTANCIA QUE CUBRE SIN REPETIDOR	BANDA
CABLE PAR TRENZADO	4 Mbps	3 Mhz	2 a 10 Km	N.A. ¹⁷
CABLE COAXIAL	500 Mbps	350 Mhz	1 a 10 Km	N.A.
FIBRA OPTICA	2 Gbps	2 Ghz	10 a 100 Km	N.A.
MICROONDA	12 90 90 274	7 Mhz 30 Mhz 40 Mhz 220Mhz	N.A.	2 Ghz 6 Ghz 11Ghz 18 Ghz

TABLA 4.1.1.1.1
CARACTERISTICAS DE TRANSMISION DE UN MEDIO

FUENTE: Data and computer communications. W. Stallings.

Considerando que las dos variables, capacidad y distancia, determinan fielmente el medio de transmisión adecuado para utilizarlo en el diseño de la red pública ATM, se considera a la fibra óptica como el medio más idóneo para integrar los módulos ATM de la red. Se estaría estableciendo de esta manera que el backbone, el medio físico que soportará íntegramente el tráfico de celdas ATM, estaría constituido enteramente por fibra óptica.

4.1.2 NIVELES DE PROTECCION

La fibra óptica está compuesta de un núcleo que transporta la luz, y recubierta por una capa de revestimiento que captura a la luz en el núcleo por el principio de reflexión interna total. Este núcleo fabricado con material de alto índice refractivo, produce que la luz sea reflejada en su totalidad, justo en la unión del núcleo con el revestimiento y siempre que golpee con un ángulo mayor al ángulo crítico¹⁸. Este ángulo crítico está determinado por la diferencia que existe en la

¹⁷ N.A.: No se aplica. Se considera que para este medio la banda y la línea de vista define la contraparte a la distancia para los otros medios

composición de los materiales usados en el núcleo y en el revestimiento. Existe, además, una capa de protección adicional que es la cubierta, la que fortalece la fibra simple. La fibra con su constitución interna se muestra en el gráfico 4.1.2.1.

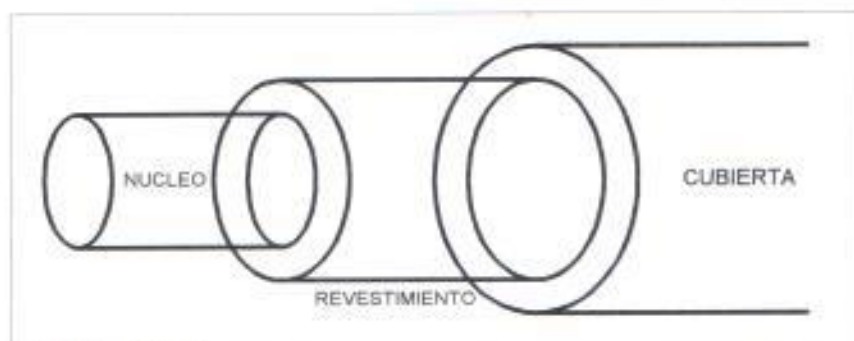


FIGURA 4.1.2.1
CONSTITUCION DE LA FIBRA OPTICA

Existen 3 tipos de cables de fibra comunes en el uso de las comunicaciones de datos, como son:

1. Núcleo y cubierta de plástico. Son las menos costosas, más livianas y fáciles de instalar, sin embargo, debido a que el plástico posee menos resistencia a las altas temperaturas que las que posee el vidrio, presentan una atenuación alta por lo que se usan en distancias cortas; por ejemplo, en el interior de un mismo edificio.
2. Núcleo de vidrio con cubierta de plástico. Son las menos afectadas por la radiación, y se utilizan en la mayoría de las redes de computadoras como por ejemplo, FDDI.
3. Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio. Presenta la mejor característica de propagación; muy delicadas para su aplicación en determinado servicio.

4.1.3 CONCEPTOS BASICOS

²⁰ Angulo crítico. Es el ángulo de entrada máximo que el haz de luz puede tener con la horizontal a la entrada de la fibra óptica, de manera que puede ser reflejada a la salida de la misma fibra.

La fibra óptica es el medio en el cual las señales de comunicación son transmitidas desde una fuente a un destino, en forma de luz guiada a través de fibras delgadas de vidrio o de plástico. Estas señales pueden ser pulsos digitales o señales analógicas moduladas continuamente en forma de un haz de luz. En cualquiera de los dos casos, las señales constituyen la representación de la información que desea ser transmitida. Esta información puede ser de datos de computadoras, de videos, de voz, o de cualquier otro tipo. Un enlace de fibra óptica puede ser diseñado para permitir la entrada de las señales a ser transmitidas y recibidas a través de una distancia dada y con una aceptable calidad de la señal. El criterio de aceptación es determinado por el conjunto de requerimientos para una aplicación particular.

La selección de la fuente de luz determina la potencia disponible de la señal óptica; y la selección del detector, y sus circuitos asociados, determinan la sensibilidad del receptor. La diferencia de potencia entre las dos señales, la que se emite desde la fuente de luz y la que se recibe en el receptor, es explicable mediante las pérdidas de acoplamiento en las uniones de la fibra y las pérdidas de potencia debidas a que la señal sufre distorsiones causadas por la no-linealidad de la fuente de luz. En el gráfico 4.1.3.1 se muestra un sistema básico de transmisión de fibra óptica.



FIGURA 4.1.3.1
ENLACE BASICO DE FIBRA OPTICA

Existen dos tipos de fibra óptica:

- A) Fibra multimodo y,
- B) Fibra monomodo.

A) FIBRA MULTIMODO.- Es aquella en que la luz puede viajar por diferentes caminos (llamados modos) atravesando el núcleo de la fibra, entrando y saliendo de la fibra a varios ángulos. El ángulo más alto que la fibra puede aceptar dentro de su núcleo define la apertura numérica (NA). Dos tipos de fibra multimodo existen, distinguiéndose éstas por el contorno indexado de sus núcleos y de cómo la luz viaja a través de ella. Estos 2 tipos de fibra multimodo son las siguientes:

- A.1) Fibra de índice de escalón multimodo.
- A.2) Fibra de índice graduado multimodo.

A.1) Fibra de índice de escalón multimodo. La fibra de índice de escalón multimodo tiene un núcleo compuesto completamente de un tipo de vidrio. La luz atraviesa en líneas rectas la fibra y reflejándose hacia el núcleo luego de que golpea la interfase núcleo-revestimiento. Así, se determina la apertura numérica como la diferencia entre los índices de refracción del núcleo y del revestimiento. Debido a que cada uno de los modos o ángulo de luz viaja en diferente camino, la luz es dispersada al momento de atravesar la fibra, limitando el ancho de banda de la fibra de escalón multimodo.

A.2) Fibra de índice de escalón graduado multimodo. En la fibra de índice de escalón graduado multimodo, el núcleo está compuesto de muchos y diferentes niveles de vidrio, escogiéndose aquella combinación de niveles que permita obtener una curva de propagación que simule a una parábola. Este tipo de fibra incrementa el ancho de banda casi en un 100% al de la fibra de índice de escalón multimodo.

B) FIBRA MONOMODO.- En el análisis de los tipos de fibra multimodo se mencionó conceptos como apertura numérica, y se establecieron variables como ancho del núcleo y modos en que la luz puede viajar atravesando una fibra óptica, en realidad todos estos conceptos se encuentran relacionados entre sí. La fórmula que los relaciona es la que se detalla a en la fórmula 4.1.3.2.

$$N_m = [(D \times NA \times \pi/\lambda)^2] / 2$$

FORMULA 4.1.3.2

NUMERO DE MODOS DE LA FIBRA OPTICA

FUENTE: Understanding Fiber Optics. Jeff Hecht

de donde N_m es el número de modos, D es el diámetro del núcleo, NA es la apertura numérica, y λ es la longitud de onda. De tal manera que se puede determinar que existen 3 maneras de reducir el número de modos y así obtener una fibra óptica con un número de modos menor al de la fibra multimodo: reducir el diámetro del núcleo, reducir la apertura numérica, e incrementar la longitud de onda. De estas alternativas la que se considera más viable para reducir el número de modos es aquella que reduce el tamaño del diámetro del diámetro del núcleo, obteniéndose finalmente la siguiente condición¹⁹.

¹⁹ El análisis para llegar a esta fórmula no se menciona pues no es objetivo de esta tesis.

$$D < [2.4 \lambda / (\pi \times NA)]$$

FORMULA 4.1.3.3
CONDICIONES PARA EL DIAMETRO
DE UNA FIBRA OPTICA

FUENTE: Understanding Fiber Optics, Jeff Hecht

De la relación de la fórmula 4.1.3.3 se desprende que para una NA de 1.5 el diámetro del núcleo debe ser no mayor a 5 veces la longitud de onda. De esta manera se puede tener fibras ópticas de un único modo; aunque esto involucre dificultades en el acoplamiento de la luz dentro de la fibra óptica. La fibra monomodo al permitir que la luz viaje en un modo a través de su núcleo reduce la dispersión modal, incrementando de esta manera el ancho de banda de la fibra monomodo.

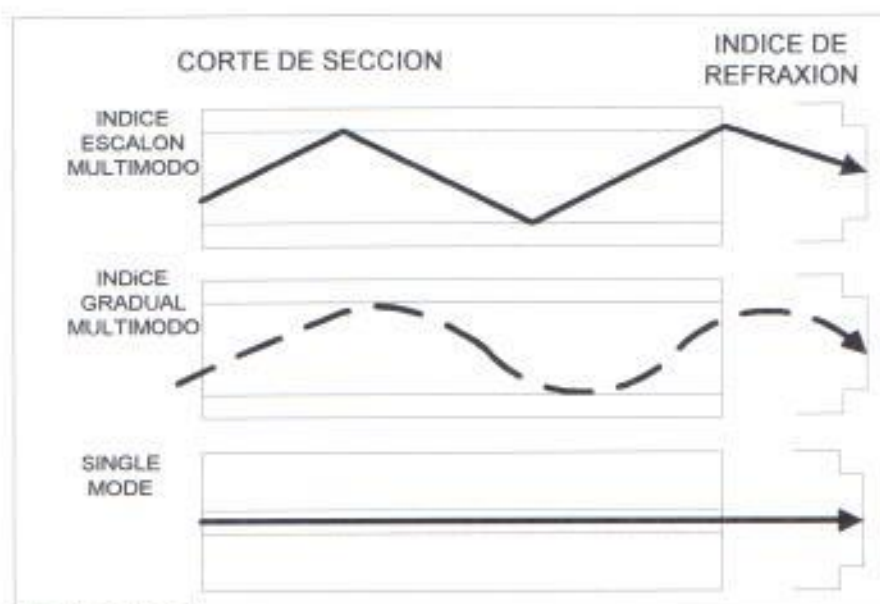


FIGURA 4.1.3.4
TIPOS DE FIBRA OPTICA

FUENTE: Understanding Fiber Optics, Jeff Hecht

El gráfico 4.1.3.4 muestra los tres tipos de fibra; en donde se puede observar la linealidad que posee la propagación de la luz en la fibra monomodo, dando como consecuencia mayor alcance

y mejor nivel de calidad para la señal transmitida.

4.1.4 PREPARACION DE LA FIBRA

Según su constitución la fibra óptica se prepara para diferentes aplicaciones; en la figura 4.1.4.4 se aprecian los modelos de fibra óptica.

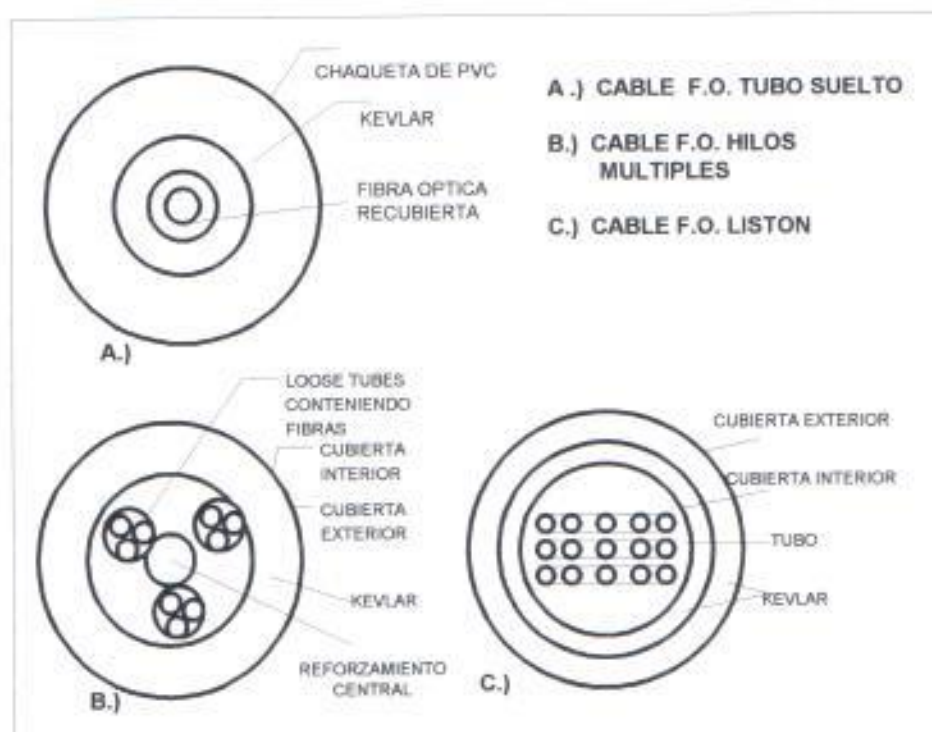


FIGURA 4.1.4.4
MODELOS DE FIBRA OPTICA
FUENTE: Belden Master Catálogo. 1999

4.1.4.1 Cable de Tubo suelto. Es usado mayormente para aplicaciones de larga distancia y en instalaciones de planta externa donde la baja atenuación y resistencia al estiramiento de la fibra aérea es requerida. Varias fibras pueden incluirse en el mismo tubo produciendo una alta densidad de fibra con un tamaño adecuado; los tubos pueden ser llenados con gel de petróleo, que brinda una protección adicional contra la humedad. Para terminar estos

cables se requiere de técnicas avanzadas de fusión que la hacen aún más rentable para aplicaciones de larga distancia.

4.1.4.2 Cable de hilos múltiples. El diseño del cable de hilos múltiples resulta mucho mejor cuando la flexibilidad del cable y la fácil terminación son una prioridad. La mayoría de cables de interiores son de este diseño, por causa de la relativa corta distancia entre los dispositivos físicos de una red y de los cuartos de distribución de los cables. Usualmente se lo refuerza con Kevlar²³ de manera que fibras simples puedan formar grupos de éstas, y luego ser distribuidas individualmente.

4.1.4.3 Cable tipo Listón. El cable listón consiste de varias fibras recubiertas y unidas para formar algunas hileras, varios de estos cables listón pueden agruparse dentro de un mismo cable, formando un diseño de muy alta densidad, bajo costo y tamaño adecuado. La terminación de estos cables es mucho más simple y puede realizarse en bloque el arreglo de conectores, siendo mayormente utilizada en sistemas telefónicos.

4.1.5 REDES DE FIBRA OPTICA

En la ciudad de Guayaquil, el uso de fibra óptica está casi totalmente orientado a aplicaciones de comunicaciones; con un uso mayoritario en el mercado telefónico entre las centrales de Pacifictel, y con un uso menor en sistemas de video, transmisiones de datos de corta distancia y en redes de área local. En otros países existe una aplicación fuerte en otros mercados como el de los sistemas militares, automóviles, e inclusive en aplicaciones como endoscopia médica, todas ellas muy ajenas a las comunicaciones de datos.

²³ Kevlar: Polímero altamente cristalino, no es soluble en ningún solvente y no se derrite por debajo de los 500° Centígrados. Se utiliza en chalecos a prueba de balas, neumáticos a pruebas de bala, etc.

Los sistemas de comunicaciones vienen en estructuras diferentes. Así, una red telefónica difiere muy ampliamente de la televisión por cable, aún cuando ambos sistemas proveen de los servicios a usuarios individuales desde una central de distribución. Como se ha mencionado, en Guayaquil la empresa estatal Pacifictel utiliza fibra óptica para la comunicación entre las distintas centrales telefónicas que tiene distribuidas en la ciudad, dejando así el uso de pares de cobre para las conexiones finales a los abonados. En este caso la comunicación siempre es en ambos sentidos. Esto no sucede en la televisión por cable, pues ésta envía grandes cantidades de información a sus abonados; es decir, la información fluye en un solo sentido. De manera que muchos sistemas son diseñados de forma muy distinta.

Existen diferencias aún más notorias en el uso de la fibra, como es el caso de la comunicación de datos de computadoras que usualmente se realiza en cortas distancias dentro de un edificio, o cuando se interconectan a éstos dentro de un área más grande como un campus universitario o en alguna instalación militar. Por lo tanto, las redes de computadoras no se benefician de las principales ventajas de la fibra óptica, aunque sí resuelven grandes problemas de interferencias electromagnéticas que se dan en la transmisión de señales.

Entre otras aplicaciones existen aquellas basadas en estándares ópticos para sistemas de fibra que tienen una alta tasa de transferencia. Estos sistemas ópticos son la migración de sistemas TDM a sistemas conocidos como SONET, Synchronous Optical Network. La tabla 3.3.3.2 presenta el estándar SONET; la señal OC-1 es la señal Óptica que se habilita a través de una señal binaria eléctrica que es de una razón de 51,84 Mbps denominada señal STS-1, Synchronous Transport Signal. El equivalente a SONET, estándar americano, es el estándar europeo SDH, Synchronous Hierarchy.

DESIGNACION DE LA SEÑAL OPTICA SONET	DESIGNACION DE LA SEÑAL CCITT (JERARQUIA SDH)	RAZON DE TRANSFERENCIA (MBPS)
STS-1/OC-1		51,84
STS-3/OC-3	STM-1	155,52
STS-9/OC-9	STM-3	466,56
STS-12/OC-12	STM-4	622,08
STS-18/OC-18	STM-6	933,12
STS-24/OC-24	STM-8	1244,16
STS-36/OC-36	STM-12	1866,24
STS-48/OC-48	STM-16	2488,32

TABLA 4.1.5.1
JERARQUIA SONET/SDH

FUENTE: Data and Computer Communications, W. Stallings.

4.2 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA DE CONMUTACION

La comunicación de datos, desde sus inicios, sufre un evidente proceso de mejoramiento continuo en cada una de las tecnologías que se implementan para el transporte de datos. Este proceso natural crea nuevos paradigmas en el mercado tecnológico; en el cual, procesos que fueron creados como ideales para determinadas aplicaciones o para cumplir exigencias de determinados usuarios, en un corto tiempo resultaron ser limitadas para soportar aumentos continuos en la capacidad, variedad y cantidad de tráfico de datos e información que se desea transportar entre dos o más puntos de una red.

La selección adecuada para la tecnología de conmutación recae sobre aquella que ofrezca ventajas como adaptabilidad y expandibilidad, sobre cualquier requerimiento, para el transporte de datos que se haga en el futuro. Así, la selección involucra una tecnología que ofrezca todas las capacidades que un medio físico como la fibra óptica puede ofrecer y que garantice un rendimiento muy alto para el manejo de todo un conjunto de información que se intente transportar en tiempo real.

4.2.1 CRITERIO PARA LA SELECCION

Las tecnologías de redes tradicionales usualmente son creadas para brindar servicios a sistemas

de comunicaciones limitados en la cantidad de información que transportarán a grandes distancia, como en la variedad de información que se puede manejar a través del mismo medio físico. Así surgieron nuevos criterios a tener en cuenta para el diseño de nuevas tecnologías capaces de que suplan las grandes limitantes de las redes y enlaces originales, y de ofrecer garantía absoluta a las aplicaciones en el transporte de datos o información que éstas requieran.

Sin duda, luego de cubrir integralmente en el capítulo 3 las tecnologías de transmisión no hay una tecnología de interconexión de redes (internetworking) que ofrezca y prometa más rendimiento y rentabilidad que la de ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM). Considerando que las redes conmutadas representan la fase siguiente en la evolución de redes tradicionales de medios compartidos, y que dichas redes conmutadas requieren interconexión entre ellas, tenemos que ATM resulta ser la mejor alternativa para convertirse en la tecnología que debe aplicarse como sistema de backbone de alta velocidad en la integración de grandes redes.

ATM proporciona grandes ventajas sobre cualquier tecnología de LAN o WAN, incluyendo una capacidad para ofrecer ancho de banda escalable a precios y rendimientos únicos, al garantizar calidad de servicio para el desarrollo de aplicaciones tan completas y complejas como aquellas basadas ampliamente en multimedia. ATM proporciona las mismas características básicas de la conmutación de paquetes, con las características de la tecnología de conmutación de circuito.

Otra característica clave de ATM es la manera de tratar la información que circulará por la red, aquí la información es dividida en paquetes pequeños y uniformes de 53 bytes de tamaño (5 bytes de información, header, 48 bytes de datos, payload). Esta uniformidad en el tamaño de las celdas ATM permite que cualquier operación como ruteamiento, o como multiplexación, se la pueda realizar mucho más rápido, sin importar el tipo de información que se transporte en el interior de

las celdas.

Siendo, además, ATM una tecnología orientada a conexión, implica la necesidad de protocolos de señalización específicos y estructuras de direccionamiento; que si bien contribuyen a aumentar la complejidad de este protocolo, ofrecen la confiabilidad necesaria a los protocolos de las capas superiores para operar sobre ATM. Característica que no son soportadas en otras tecnologías de comunicación, pues simplemente fueron desarrolladas para aplicaciones específicas.

La tabla 4.2.1.1 muestra una comparación entre las principales tecnologías de conmutación de paquetes como X.25, Frame Relay, y ATM en términos de funcionalidad. Se puede analizar que la tecnología X.25 realiza tres funciones como son: retransmisión de paquetes, delimitación de paquetes, y chequeo de errores. Como se mencionó en el cap. 3, una de las ventajas de ATM es la funcionalidad reducida que ofrece como red, la misma que se debe al usar un header (inicio de paquete, 5 bytes de información) ATM más pequeño. La razón para usar este header pequeño es para reducir el tiempo de procesamiento que requerirá la conmutación de un paquete, de esta manera se simplifica la funcionalidad de un nodo ATM, y se mejora el procesamiento interno de la red.

El hecho de no realizar ciertas funciones de administración, y más bien dejar éstas a protocolos de las capas superiores, le permite bajar notablemente los tiempos incurridos en procesamiento de información. Esta delegación de funciones administrativas a protocolos superiores permiten que ATM se libere de determinadas funciones que en circunstancias normales le consumirían grandes cantidades de tiempo:

FUNCIONALIDAD	X.25 PACKET SWITCHING	FRAME RELAY	ATM SWITCHING
RETRANSMISION DE PAQUETES	SI	NO	NO
DELIMITACION DE PAQUETES	SI	SI	NO
CHEQUEO DE ERRORES	SI	SI	NO

TABLA 4.2.1.1 COMPARACION DE FUNCIONALIDAD DE TECNOLOGIAS

Trabajar con enlaces de fibra óptica y ofrecer un rango muy alto de velocidades (desde Mbps hasta Gbps) es lo que se debe esperar de una tecnología de backbone que cubra desde las redes LAN hasta grandes redes WAN y GAN, esta facilidad la permite ATM. En definitiva, ATM se diseñó para cubrir el gran vacío que existía en el trato de una gran cantidad y variedad de datos y de tasas de transmisión de las tecnologías de redes tradicionales, sean o no en tiempo real.

Considerando que ATM se diseñó para convertirse en una tecnología de transmisión que pueda aceptar como protocolos de entrada a facilidades de acceso como X.25 y Frame Relay, se cubrirá en las secciones siguientes las principales características técnicas que convierten a ATM en la tecnología seleccionada para la red digital pública.

4.2.2 FORUM A.T.M.

El Forum ATM fue formado en 1991 para acelerar el desarrollo de productos y servicios ATM, a través de una rápida convergencia de especificaciones de interoperabilidad, y promoción para una cooperación entre las distintas industrias del mercado de comunicaciones y redes de datos. Para

lo cual se ha formado un comité técnico que asegura la integridad de las especificaciones, y tres comités que se dedican al conocimiento del mercado mundial, junto a otros más que permiten que el comité técnico priorice su trabajo basado en los requerimientos de los usuarios finales.

Se han desarrollado varias especificaciones por parte del Forum ATM, cada una de ellas con la intención de convertirse en estándares que promuevan el desarrollo de aplicaciones o equipos basadas en ellas. Cada una de las especificaciones ha sido integrada en los diseños de fábrica de los nodos ATM, de manera que la operación de algunos o la mayoría de ellos llegan a ser muy transparentes para el usuario final. Se mencionará a continuación las principales especificaciones y normas de ATM.

LAN EMULATION.-

Habilita a las redes existentes a comunicarse con redes LANs similares y con estaciones ATM sobre una facilidad ATM. Es esta la especificación que habilita y facilita la integración de una red de área local a una red ATM, a través de un nodo ATM que simula la operación de la LAN. Las especificaciones son:

LAN Emulation over ATM,

LAN Emulation Direct Management Specification.

MULTIPROTOCOL OVER ATM (MPOA).-

Habilita protocolos de la capa 3, tales como IP e IPX, a operar directamente sobre ATM, ambos entre nodos ATM y con nodos, o hosts, pertenecientes a otras tecnologías de redes. Es decir, ofrece una integración de nodos a través de una red ATM, utilizando un protocolo como IP, y no a través de una emulación de red local.

TRAFFIC MANAGEMENT.-

Provee consideraciones para control de tráfico; y así, limitar la congestión y maximizar el uso del ancho de banda. Esta especificación ha sido desarrollada para entender los diferentes niveles de calidad de servicio que demandan las aplicaciones o usuarios finales. Así, las redes ATM ofrecen un conjunto específico de clases de servicios al momento de realizarse una conexión. Las clases de servicios son usadas por las redes ATM para diferenciar entre tipos específicos de conexiones, cada una de ellas con una mezcla particular de tráfico y requerimiento de calidad de servicio.

Las clases de servicios cuya aplicación se analizará con más detalle en el desarrollo del capítulo 5, son las mencionadas a continuación:

- 1.- Continuos Bit Rate, (CBR).
- 2.- Variable Bit rate- Real time, (VBR (RT)).
- 3.- Variable Bit Rate- Non-Real Time, (VBR (NRT)).
- 4.- Available Bit Rate, (ABR).
- 5.- Unspecified Bit Rate, (UBR).

SERVICE ASPECTS AND APPLICATIONS (SAA).-

Especifica servicios tales como interfaces para programación de aplicaciones (APIs) y además de interconexión con Frame Relay, SMDS y servicios de emulación de circuitos (T1/E1).

PRIVATE NETWORK TO NODE INTERFACE (P-NNI).-

Especifica los protocolos por los cuales los switches ATM se comunican entre ellos dentro de red ATM privada. Estas especificaciones habilitarán la conmutación de multiprotocolos sobre redes privadas, y serán analizadas con más detalle en la sección 4.2.5.

PHYSICAL LAYER.-

Define características electro-ópticas y físicas para las interfaces y señales. Define la manera de colocar celdas ATM en estructuras de paquetes, para la transmisión de un flujo de datos de un nivel físico específico. Las interfaces más comunes serán mencionadas y analizadas según el uso que tengan en el capítulo 5.

SIGNALING.-

Define procedimientos para configuración de llamadas y negociación de calidad de servicios en una conexión de usuario final. Esta especificación beneficia a los usuarios habilitando Switched Virtual Circuits (SVC); que resultan ser, en cuestión de demanda de ancho de banda, más flexible que los Permanent Virtual Circuits (PVC). Un análisis más detallado sobre SVC y PVC se realizará en la sección 4.2.5.

BROADBAND ISDN INTER-CARRIER INTERFACE (B-ICI).-

Define comunicación entre switches en redes públicas, estableciendo una red digital común que brinda servicios de video, voz a baja velocidad, y servicios de alta velocidad comenzando desde tasas de transmisión de 155 Mbps.

NETWORK MANAGEMENT.-

Especifica los protocolos MIB (Management Information Base) para cada una de las interfaces o nodos en la red ATM; de manera que se las administre a través de una estación de administración SNMP, tal cual se lo realiza en las redes de tecnología tradicional.

TESTING.-

Establece pruebas, evaluaciones para determinar interoperabilidad, rendimiento y conformidad de

de las especificaciones ATM.

FRAME USER NETWORK INTERFACE (FUNI).-

Define una interfaz basada en paquetes para servicios ATM. Teóricamente la interfaz de un switch acepta tráfico ATM basado en paquetes y los convierte a celdas. Comúnmente utilizada en aquellos switches destinados a servir directamente a la red de un usuario final.

RESIDENCIAL BROADBAND (RBB).-

Define un sistema completo entre usuarios ATM; comprende, por lo tanto, los equipos que se utilicen en la conexión origen y en la de destino, y cualquier otro dispositivo necesario para la transmisión entre dos usuarios. Por ejemplo la conexión de una residencia hasta un proveedor de televisión por cable, tal como se lo analiza en el capítulo 5.

SECURITY.-

Desarrolla requerimientos y especificaciones de flujo de información para garantizar la seguridad en una red ATM, y que están relacionados con información de administración, información de usuarios e información de señalización.

4.2.3 BENEFICIOS DE A.T.M.

El gran desarrollo de ATM se debe sin duda al beneficio que representan sus múltiples servicios, mencionados a continuación.

ANCHO DE BANDA VARIABLE Y ESCALABLE.-

Las interfaces ATM pueden servir un rango bien amplio de velocidades, desde DS1/E1 (1.544 Mbps) hasta los 2.4 Gbps en la actualidad. A través de estas velocidades y de redes locales y

amplias, del formato de celdas comunes y de los protocolos de señalización ATM, se facilita el desarrollo de servicios consistentes y la interconexión de redes distintas de forma transparente. Así como las redes de hoy utilizan los switches LAN dentro de los cuartos de cableados (Wiring Closets) para aliviar la congestión que se produce en los grupos de trabajo, e incrementar el ancho de banda del backbone para que soporte las grandes velocidades de las máquinas de escritorio; los diseños ATM ofrecen la misma función para redes empresariales o de campus, con el beneficio adicional de poder extender esta función a los usuarios de escritorio y permitir el desarrollo de nuevas aplicaciones. De esta manera, utilizar tecnología ATM en el diseño de las redes públicas permite establecer una red con capacidad de manejar diferentes requerimientos de ancho de banda, que surgen de la gran variedad de servicios que puede ofrecer.

CALIDAD DE SERVICIO GARANTIZADA (QoS).-

Las redes ATM pueden establecer conexiones con una calidad de servicio garantizada. Lo que a su vez facilita la operación, particularmente cuando se requiere encapsular en celdas ATM los protocolos de un nivel superior del modelo OSI, como una aplicación multimedia, o aquellas que requieren un control estricto sobre la continuidad y el retardo de la red. Con una garantía en el servicio, es posible ofrecer un medio de transporte que cumpla con los diferentes requerimientos de calidad que pueden exigir aplicaciones tan variadas como voz, datos o vídeo; que es lo que se pretende en el diseño para la red pública de Guayaquil.

SERVICIOS INTEGRADOS.-

La garantía de calidad de servicio de ATM junto con su operación basada en celdas, habilitan el desarrollo de una red simple y multiservicio en la cual los tres tipos de tráfico (voz, vídeo, datos) pueden transportarse simultáneamente reduciendo el costo y complejidad de múltiples redes convencionales de hoy. Tales capacidades pueden ser de importancia particular en redes amplias,

públicas o empresariales, las cuales mantienen un desarrollo en los sistemas a base de aquellos dispositivos de conmutación.

En un ambiente como éste, ATM ofrece ventajas adicionales, como la capacidad de eliminar los costosos enlaces paralelos de redes y centralizar la administración de la red, que incrementan su rendimiento. Los proveedores de servicios públicos se benefician de la habilidad de poder desarrollar infraestructuras simples en la que múltiples y diferentes servicios pueden fácil y flexiblemente desarrollados. Es así, como la red pública para Guayaquil podrá mantener un nivel de calidad y servicio único; pues manejará diferentes servicios, a través de un backbone único de fibra óptica, y sobre todo manteniendo y cumpliendo los requerimientos individuales que cada uno de los diferentes servicios o redes requieren.

REDES VIRTUALES (VLANS).-

Al igual que otras tecnologías de conmutación, los protocolos de interconexión ATM pueden proveer servicios de redes virtuales, las cuales al aislar las topologías físicas y lógicas de las redes llegan a facilitar la administración de éstas. En las redes tradicionales existe una relación muy estrecha entre la infraestructura física de la red (concentradores de medios compartidos, bridges, ruteadores, etc.) y la infraestructura lógica (tales como las subredes IP, IPX); esto es debido a que la localización física de un dispositivo generalmente determina el segmento físico de LAN al cual el dispositivo físico puede ser conectado; así, los usuarios de este dispositivo pueden ser ubicarse en el mismo segmento de LAN.

Actualmente, las organizaciones practican nuevos conceptos en la distribución de trabajo y de recursos, totalmente independientes de la localización física de los usuarios. Así los backbones ATM trabajan junto con los switches de LAN, y aprovechando la naturaleza de ATM de ser

orientada a conexión permiten coexistir a múltiples redes virtuales en la misma infraestructura de red, sin interferencias. Esta capacidad de establecer redes virtuales independientes, se requiere en la red pública para Guayaquil, pues cada red virtual permitirá aislar o preservar el tráfico de una red privada o servicio en particular.

4.2.4 TIPOS DE SWITCHES A.T.M.

A pesar que la capacidad de cell relay (retransmisión de celdas, ver sección 3.3.3.1) es común en todos los switches ATM, puede considerarse una clasificación de estos switches de acuerdo al mercado al que están orientadas sus aplicaciones.

Estos switches ATM difieren marcadamente en términos de capacidades, tales como en variedad de interfaces y servicios que pueden soportar. Se establecen, también, ciertas consideraciones al momento de determinar los tipos de switches ATM, a breves rasgos se debería considerar las siguientes variables:

1.- REDUNDANCIA FISICA. Todo switch ATM tiene una capacidad física que puede ser atribuida según el área o cliente que sirva. Así, por ejemplo, el tener ciertas tarjetas o partes redundantes como una fuente de poder adicional, lo destina a servir a grandes redes corporativas en donde se realizan cuantiosas inversiones para el manejo tanto de información como de datos en tiempo real. Un switch que trabaje sin redundancia física está más bien orientado a servir a redes locales que comparten documentos o datos que no requieren ser conocidos en tiempo real.

2.- CAPACIDAD DEL SOFTWARE DE INTERCONEXION ENTRE SWITCHES.

Las características del software que debe disponer un switch ATM se relacionan de

manera muy estrecha con el servicio que preste. Así, por ejemplo, si se destina a una red empresarial o propietaria, requerirá manejar un cierto número de protocolos que podrían ser IP, IPX, etc.; si por lo contrario sirve como nodo de interconexión entre redes de empresas o clientes diferentes requerirá manejar los distintos protocolos que estos clientes tengan, a la vez que debe agregar seguridades en el manejo de los datos que le corresponden a un cliente en particular.

3.- MECANISMOS DE ADMINISTRACION DE TRAFICO. Está relacionada con la dimensión y características de la red que maneja. Por ejemplo, una red como la que se diseñó en esta tesis requiere tener capacidad para reorientar automáticamente el tráfico entre diferentes switches, en caso de pérdida de enlaces entre algunos de ellos. Esta capacidad puede ser de tipo manual o automática, dependiendo del tipo de tráfico que maneje.

4.- RELACION PRECIO/RENDIMIENTO. Es un criterio que depende más bien de analizar las 3 características anteriores y del criterio del administrador de la red. El precio de un switch, sin duda, está estrechamente relacionado con el rendimiento o con la aplicación que se le dará en una red.

Los sistemas de conmutación ATM pueden segmentarse en tres distintos tipos, basados en igual número de escenarios de desarrollo. Estos módulos se presentan en la figura 4.2.4.1.

4.2.4.1 SWITCHES ATM PARA REDES DE AREA LOCAL (LAN) Y DE CAMPUS -

Este tipo de switch está destinado a llevar tecnología ATM hacia los computadores de escritorio. Tales switches han sido optimizados para ofrecer servicio a interfaces ATM

de costo rentable (como aquellas interfaces de cobre) a las computadoras de escritorio. Sin embargo, tienen un fuerte competidor en los switches para redes LANs, como los que sirven a las redes gigabit Ethernet.

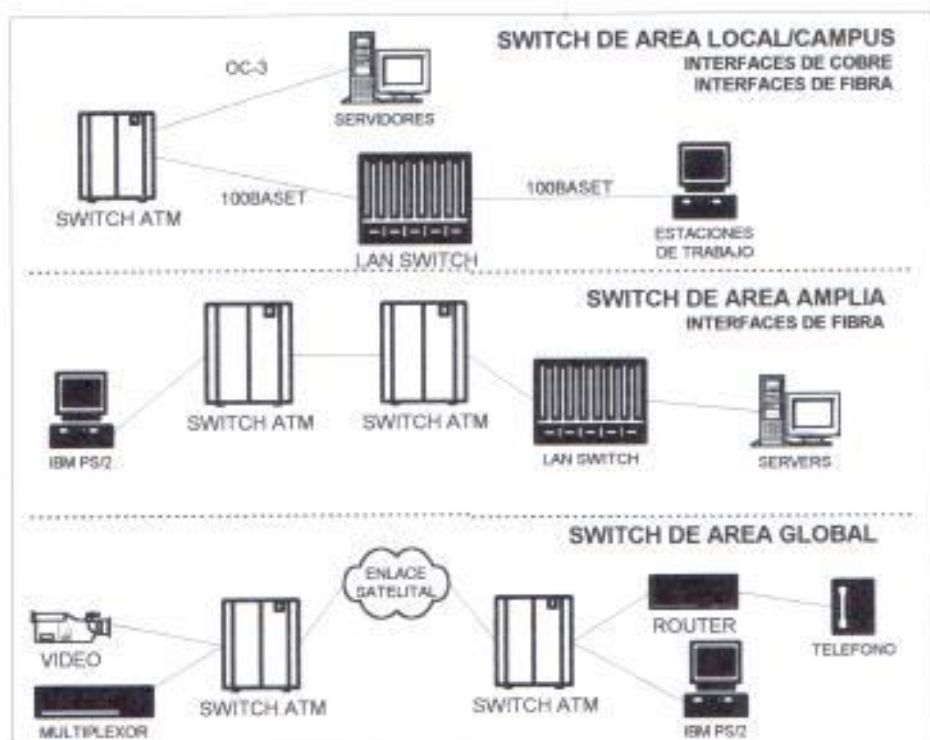


FIG. 4.2.4.1
TIPOS DE SWITCHES ATM

4.2.4.2 SWITCHES ATM PARA REDES DE AREA AMPLIA (WAN).-

Estos son usados generalmente para backbone ATM; por ejemplo para enlazar ruteadores ATM o switches ATM-LAN; aliviando así la congestión normal que se produce en ellos. Estos switches necesitan soportar una amplia variedad de tipos de backbones locales como de interfaces de área amplia, lo que posibilita que sirvan a backbones FDDI, Fast Ethernet, entre otros.

4.2.4.3 SWITCHES ATM EMPRESARIALES Y DE AREA GLOBAL (GAN).-

Los módulos ATM empresariales son sofisticados dispositivos multiservicios diseñados para ser parte del backbone central de grandes redes empresariales, complementando el rol de aquellos ruteadores multiprotocolos de alto rendimiento. Estos switches soportan capacidades tales como switch LAN, interfaces de paquete WAN como Frame Relay, y mecanismos de adaptación multiservicio incluyendo emulación de circuito para troncal PBX; o para optimizar el uso de enlaces WAN permitiendo el transporte de voz, datos e imágenes.

4.2.4.4 CAPACIDAD DE UN SWITCH.

El rendimiento y la capacidad de procesamiento interno de un switch ATM, se define por la densidad de información que puede presentar en su placa principal, que en los nodos comprende desde capacidades de 2.5 Gbps hasta más de 10 Gbps. Con un manejo muy variable en cuanto a las interfaces físicas que soportan, las cuales van desde los 25 Mbps destinados a estaciones de trabajo, hasta interfaces OC-48 SONET-SDH de 2.4 Gbps.

Las interfaces estandarizadas hasta el momento comprenden interfaces a nivel de OC-3 SONET de 155 Mbps, 25 Mbps y 45 Mbps para estaciones o nodos LAN, y DS3/E3 o DS1/E1 para conexiones de área amplia. Los medios físicos que permite el soporte van desde cobre, UTP categoría 3 y UTP categoría 5 hasta fibra óptica.

La capacidad de procesamiento de su placa principal o núcleo, es la que determina que módulo ATM ofrezca un servicio completo sin bloqueo entre sus puertos. Es decir, que asegure que todos aquellos puertos del nodo se puedan comunicar sin ningún retardo tipo de retardo entre ellos, y que no bloqueen o no interfieran en la comunicación entre otros

2 puertos del nodo. Junto a tal capacidad, un nodo debe permitir redundancia en cuanto a fuentes de poder, y cambio en caliente tanto de fuentes de poder como de los módulos de interfaces. Son capacidades fijas en nodos ATM de muy alto procesamiento, como los diseñados para servir a backbones empresariales, WAN, o a una red pública como la que se propone para Guayaquil.

4.2.4.5 ARQUITECTURA DE UN SWITCH.

Internamente un típico switch ATM puede comprenderse de dos partes bien definidas:

ARQUITECTURA DE HARDWARE.

ARQUITECTURA DE SOFTWARE.

4.2.4.5.1 ARQUITECTURA DE HARDWARE.

Esta arquitectura tiene 2 componentes principales: interface del nodo, en donde se realizan las funciones de entrada y salida; y el núcleo del nodo, en donde los paquetes son conmutados. Cada una de las interfaces se conecta al núcleo del nodo a través de 2 interfaces ATM del núcleo, una para entrada y otra para salida, como se puede apreciar en el gráfico 4.2.4.5.1.

INTERFACE DEL SWITCH- Es la encargada de adaptar los formatos y la velocidad de las celdas ATM de entrada/salida con el núcleo del switch. Todas las funciones que manejan la identificación de las celdas ATM residen en la interface del módulo, incluyendo toda la asignación de identificadores de canales virtuales y los identificadores de caminos permanentes (VCI/VPI).

Las interfaces del nodo son adaptables a varias velocidades (1.5Mbps, 50 Mbps, 155 Mbps, 622 Mbps), que han sido desarrolladas para diferentes protocolos de la capa física. La conmutación de caminos virtuales (VP) y circuitos virtuales (VC) es simultáneamente soportada por las interfaces del módulo ATM; además de realizar la conversión de señal óptica a eléctrica, inserción y extracción de la información de ruteo y de la sincronización de la celda.

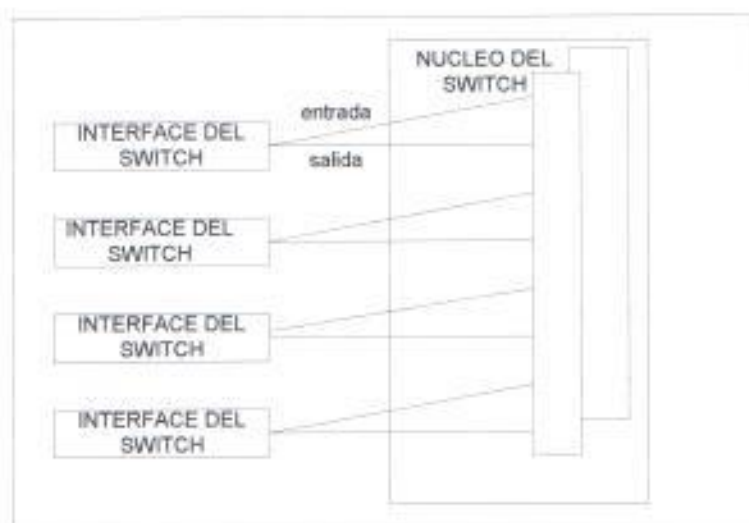


FIG. 4.2.4.5.1

INTERFACE DE UN SWITCH ATM GENERICO

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar

NUCLEO DEL SWITCH.- El núcleo del switch es quien soporta tanto las conexiones punto a punto, como las conexiones punto a multipunto. Consiste de memoria volátil (buffers) en las entradas y salidas para asumir variaciones en el flujo de celdas asincrónicas. El núcleo del switch se compone de 3 unidades funcionales, tal como se observa en la figura 4.2.4.5.2.

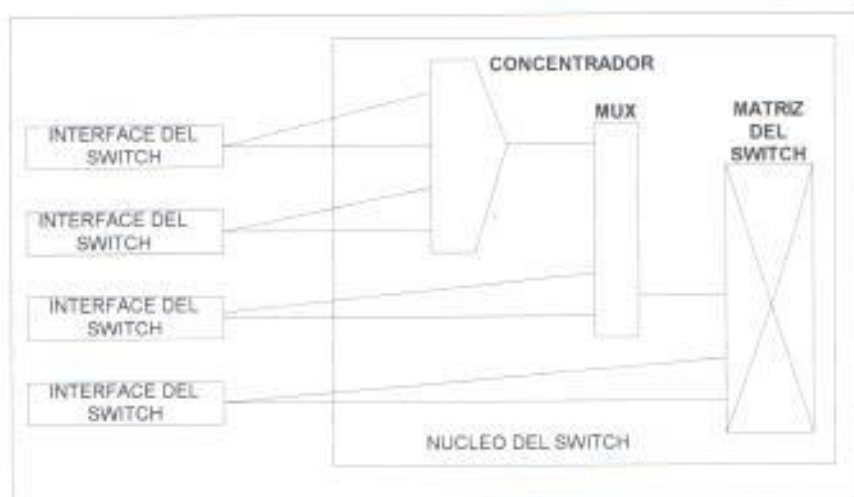


FIG. 4.2.4.5.2

NUCLEO DE UN SWITCH ATM

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar

1.- MATRIZ DE SWITCHEO. El flujo de celdas de entrada son pasadas a través de la matriz de conmutación. No existe acción de conmutación en concentradores y multiplexores, el núcleo del switch contiene siempre la matriz del switch, que es quién realiza la conmutación de celdas.

2.- CONCENTRADORES. Son dispositivos con velocidades bajas, que se ubican a la entrada de las interfaces del switch, y concentran el tráfico de estos puertos de tal manera que optimizan el uso de enlaces de entrada conectados a la matriz o núcleo del switch. De manera que la suma de enlaces bajos se presenten como una velocidad estándar.

3.- MULTIPLEXORES. Son usados cuando las interfaces de la matriz del módulo están a una velocidad superior a la de las interfaces del switch. En este proceso, las celdas de un número de interfaces son multiplexadas en

un flujo de celdas simples.

4.2.4.5.2 ARQUITECTURA DEL SOFTWARE.-

El switch ATM es controlado y supervisado por software. Su arquitectura usual está formada por tres categorías funcionales.

- 1.- **ADMINISTRACION DE TRAFICO.** El switch debe manejar todas las conexiones de manera independiente, sin causar retardos entre ellas al momento de conmutar entre diferentes interfaces.
- 2.- **MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DEL SWITCH.** El software del switch debe permitir funciones como tolerancia a fallas, siempre que cuente con los componentes necesarios como una matriz de conmutación duplicada.
- 3.- **MANEJO DE FUNCIONES DEL SISTEMA.** Debe poderse controlar funciones como administración de seguridad y consumo de conexiones.

Hay que considerar que cuando se diseña software para un switch ATM, se lo hace considerando dos componentes: componentes dependientes del hardware y componentes independientes del hardware. Los bloques del software tienen bien definidas las interfaces de otros bloques de software, ocasionando entre ellos tanta interdependencia como sea posible. Este diseño modular es un prerequisite para simplificar, y sistematizar un mejoramiento funcional en el módulo.

Usualmente, las celdas ATM en el switch deben ser transportadas desde una de

las entradas hasta una o varias salidas. Esta función conocida, también, como conmutación puede combinarse con la concentración, expansión, multiplexación y demultiplexación del tráfico ATM. Desde un punto de vista funcional un nodo ATM es el mismo que un nodo o switch de paquetes, con la principal diferencia entre ellos de la velocidad de conmutación de las celdas, además de la rapidez del procesamiento y del tamaño de las celdas.

4.2.5 SEÑALIZACION Y MULTIPROCOLOS SOBRE A.T.M.

Una red ATM consiste de una serie de switches interconectados por enlaces o interfaces ATM, punto a punto, o multipunto. Los switches ATM soportan dos clases de interfaces:

User Network Interfaces (UNI)

Network to Network Interfaces (NNI)

UNI conecta sistemas de usuario final (estaciones, concentradores, etc.) a un switch ATM. NNI se define como una interface conectando dos switches ATM juntos. De esta manera, diferentes formatos de celdas se definen tanto para UNI como para NNI. Existiendo redes ATM tanto públicas como privadas, tenemos que los enlaces entre switches de estas redes son diferentes; así, un enlace entre dos switches ATM públicos es conocido como Public NNI (P-NNI); a diferencia de la conexión entre un switch público con uno privado que se la conoce como Public UNI, y la conexión entre dos switches privados es conocida como Private NNI. Tal como se muestra en el gráfico 4.2.5.1.

Las celdas ATM son transferidas entre diferentes nodos finales ATM, a través de conexiones UNI, las cuales atraviesan la red ATM desde el nodo origen hasta el nodo destino, a través de

una combinación de nodos intermedios a los cuales el nodo destino está conectado. Una vez establecido el enlace entre nodo origen y destino, los caminos intermedios que se establezcan en la conexión son totalmente transparentes para dichos nodos, figura 4.2.5.2:

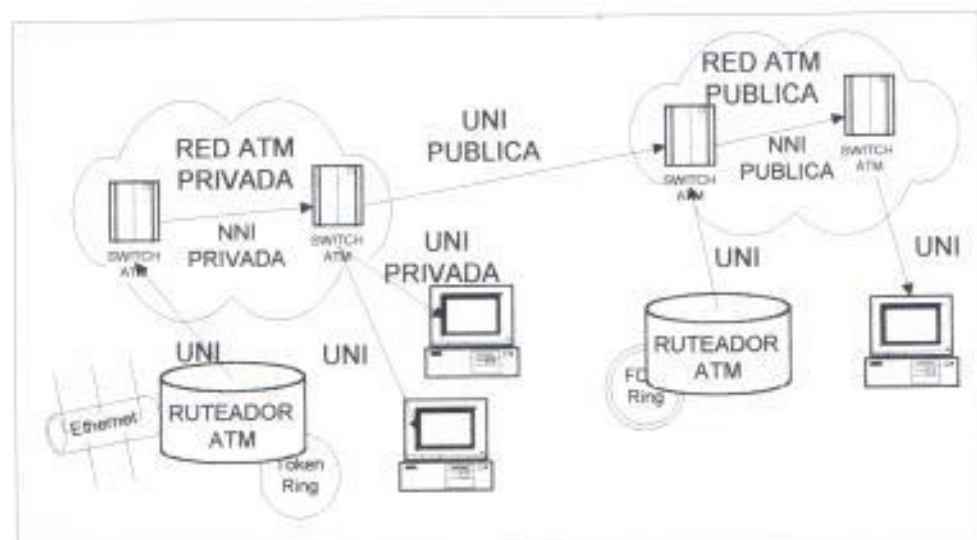


FIG. 4.2.5.1

INTERFACES DE RED ATM: NNI Y UNI

FUENTE: ATM Internetworking. Anthony Alles. Cisco Systems, Inc.

Debido a que las redes ATM son orientadas a conexión, antes de cualquier transmisión de datos se debe establecer un circuito virtual a través de la red. Los circuitos ATM pueden ser de 2 tipos: caminos virtuales, VP, identificados por el campo VPI (Virtual Paths Identifiers) del header de la celda ATM; y canales virtuales, VC, identificados por una combinación de los campos VPI y VCI (Virtual Channel Identifier) de la celda ATM, la formación de estos caminos y canales virtuales se los puede ver en la figura 4.2.5.3.

Un camino virtual es un conjunto o set de canales virtuales, cada uno de los cuales es conmutado transparentemente a través de la red ATM utilizando un VPI común. Esta particularidad de formar caminos virtuales o permanentes, independientes entre sí, es una ventaja más que posee

la red pública ATM, pues así podrá mantener un nivel de seguridad entre el tráfico de diferentes redes o servicios, al poder aislarlos con recursos de administración lógica que vayan a definir VP y VC independientes para cada conexión lógica entre módulos ATM.

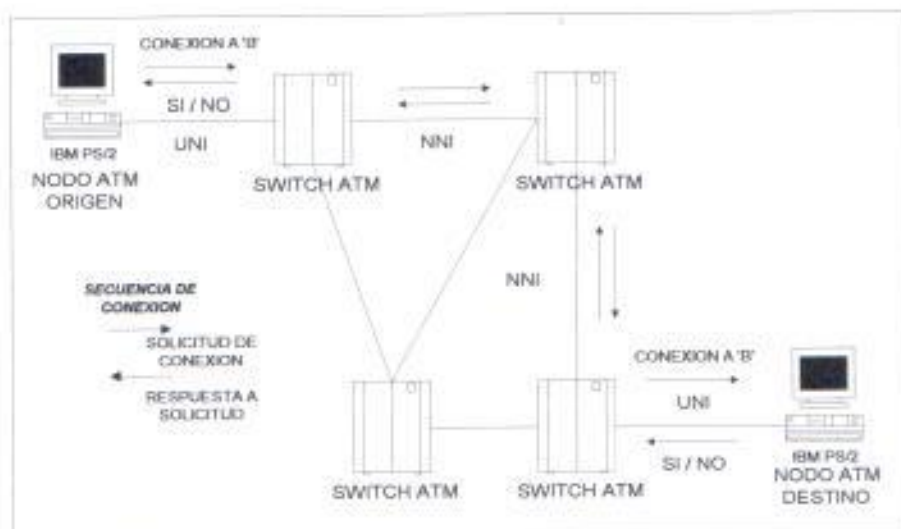


FIG. 4.2.5.2
ESQUEMA DE CONEXION ATM

FUENTE: The Next-Generation ATM Switch. Anthony Alles. Cisco Systems, Inc

En la figura 4.2.5.3 se puede observar la secuencia que siguen internamente en un switch tanto un VP, como un VC. Como un ejemplo analicemos la secuencia que siguen VP 1, identificado por VPI 1, y VC 1 con VC 2, identificados por la combinación de VCI 1/VPI 1 y VCI 2/VPI 1, respectivamente. La relación que existe entre VP 1, VC 1 y VC 2 es válida en los puertos de entrada de los switches, pues luego la conmutación interna que el switch le aplica tanto a VCI 1, como a VCI 2, puede llegar a modificar los valores de VC 1, por lo que se define un nuevo VC, en nuestro caso se definen 2 VC: VC 3 y VC 4, formados cada uno con una nueva identificación de VCI y VPI. Así, tenemos que VC 3 se identifica por la combinación de VCI 3 y VPI 3, y VC 4 con la combinación de VPI 2 y VCI 4.

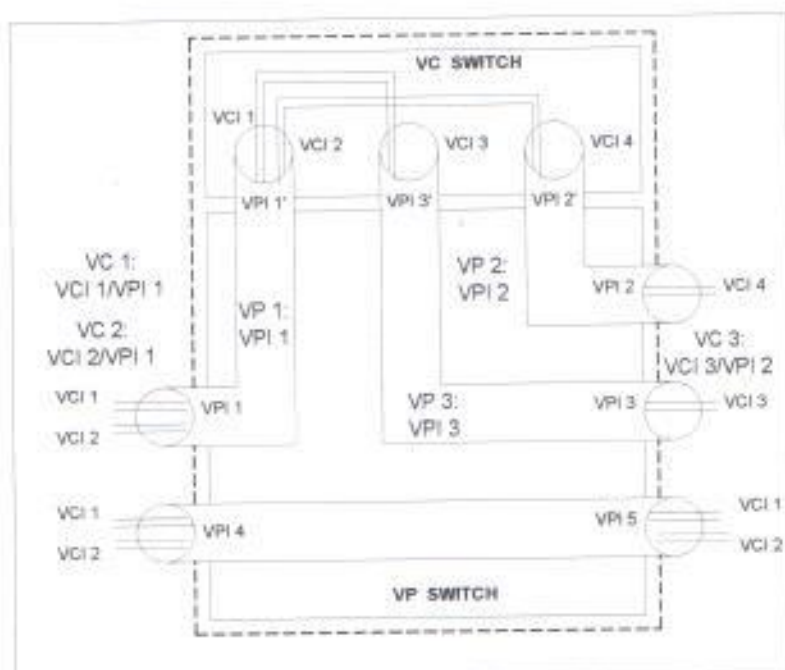


FIG. 4.2.5.3

CONMUTACION DE CIRCUITOS Y CAMINOS VIRTUALES

FUENTE: ATM Internetworking. Anthony Alles. Cisco Systems, Inc

La definición de un VP y un VC obedece a facilidades de administración y operación de diversas variedades de tráfico que existen en ambientes multiservicios y multiprotocolos. Así, es posible definir un VP (ruta virtual) que agrupe tráfico de una misma naturaleza, por ejemplo, tráfico que sea sensible al retardo de tiempo, tráfico que pertenezca a una sola organización que requiera determinados niveles de seguridad o de independencia con respecto a otro tráfico. Un VP puede también agrupar tráfico de igual naturaleza pero que pertenece a diversas organizaciones, y que tienen como destino a un mismo puerto o switch ATM.

La forma en que el tráfico de diversas organizaciones es llevado a través de un VP es con ayuda de una nueva definición de ruta interna denominada por ATM como VC (camino virtual). Una vez que el tráfico, definido en diversos VC, llega a un switch ATM sufre nuevas definiciones de

enrutamiento con ayuda de tantos VP como VC sean necesarios.

Todos los VPI y VCI de una conexión ATM tienen un significado local a través de un enlace particular y son replanteados en cada switch. Así, en condiciones normales, los switches ATM ubican todas las conexiones UNI dentro de VPI=0. La operación básica de un switch ATM es muy simple: para recibir una celda a través de un enlace con un valor conocido de VCI o VPI, ubica el valor de la conexión en una tabla local de traslación para determinar el puerto, o puertos de salida de la conexión y los nuevos valores de VPI/VCI de la conexión en el enlace, para luego retransmitir la celda en el enlace de salida con el identificador de conexión debido. En la figura 4.2.5.4 se puede observar un ejemplo de cómo se establecen los diferentes VPI/VCI, en base a sus identificadores. Así, en este ejemplo, para el caso del paquete X, éste entra al nodo a través del puerto 1 con un identificador VPI/VCI de 64, y sale del switch a través del puerto 3 usando un identificador de VPI/VCI igual a 29.

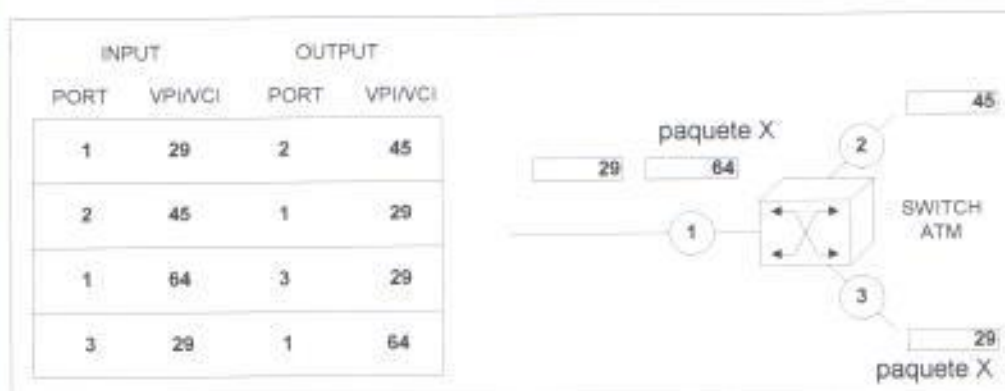


FIG. 4.2.5.4
OPERACION DE IDENTIFICADORES EN UN SWITCH ATM
FUENTE: ATM Internetworking. Anthony Alles.

La operación de un nodo puede determinarse por mecanismos de administración externos que se establecen con tablas de traslación local, con anterioridad a cualquier envío de datos. La manera

como esas tablas se construyen se determina por dos tipos fundamentales de conexiones

ATM:

PERMANENT VIRTUAL CONNECTIONS (PVC)

SWITCHED VIRTUAL CONNECTIONS (SVC)

PVC. Las conexiones de este tipo son establecidas administrativamente. Aquí, los nodos son programados con valores predeterminados de VCI/VPI. La señalización ATM puede facilitar la preparación de las tablas de mapeo, pero es una tarea manual, lo que lo vuelve inadecuado.

SVC. Las conexiones se establecen automáticamente por protocolos de señalización existentes entre los nodos finales y la red ATM, incluidos los nodos que forman esta red. De esta manera los protocolos de la capa más alta operando sobre ATM usan SVC para establecer conexiones.

4.2.6 PROTOCOLOS DE RUTEO A.TM.

Siendo ATM una tecnología orientada a conexión, se requiere que antes de proceder a cualquier transferencia de información se debe establecer un circuito virtual entre el nodo origen y el nodo destino de la red. Una vez establecido el circuito virtual se puede enviar información entre los nodos mencionados. Para establecer un circuito virtual se requiere de ciertas especificaciones de conexión que han sido planteadas por el Forum ATM, estas especificaciones incluyen no solo métodos de señalización entre nodos, sino también esquemas de direccionamiento entre ellos. Se debe determinar, también, como se rutean los requerimientos de señalización entre nodos ATM, es decir, se tiene una necesidad de ruteo similar al de las redes internet basadas en ruteadores. El ruteo de señalización dentro de una red ATM es manejado por los protocolos de interconexión de ATM.

La mayoría de los protocolos de interconexión ATM, tales como IP sobre ATM (IP over ATM), multiprotocolos sobre ATM (MPOA), y LAN Emulation, que ofrecen los beneficios de redes virtuales de ATM, no están necesariamente ligados a los switches ATM, a causa de que tales protocolos corren en las capas superiores de la red ATM y están, por lo tanto, operando sobre los protocolos de ruteamiento y señalización de ella. Siendo los protocolos de señalización los que permiten que los nodos finales ATM soliciten su "ancho de banda por demanda", y las condiciones de QoS (calidad de servicio) a nodos ATM destinos.

La red ATM debe conocer los requerimientos de calidad de servicio solicitados por un nodo, y después de conocerlos debe garantizar tales niveles de calidad durante todo el tiempo de vida de las conexiones entre 2 nodos ATM. El requerimiento puede ser generado como el resultado de una operación de un protocolo de interconexión ATM, como Lan Emulation (LANE). Entonces, para establecer la conexión inicial, el sistema o nodo origen debe formular y enviar a través de su interface UNI, un requerimiento de señalización dentro de la red ATM.

El Forum ATM ha definido el protocolo NNI (Network to Network Interface) como mecanismo de señalización y ruteo ATM. Específicamente, los protocolos de ruteo NNI son aquellos que permiten a los switches ATM intercambiar información de mapeo de direcciones o de redes, de manera que cada switch pueda seleccionar la mejor ruta posible a un nodo destino, al evaluar métricas de calidad de servicio (QoS) de cada ruta. Estas métricas pueden ser información de ancho de banda (bandwidth), retardos de celdas (cell relay) o desfases (jitter), que un switch pone a consideración o conocimiento de otros. Podemos considerar que los protocolos NNI son para las redes ATM, lo que los protocolos de ruteo (tales como IGRP, RIP o OSPF) son para las redes de ruteadores actuales.

Una vez que los requerimientos de señalización del switch de la red de un usuario alcancen a la red ATM, ésta debe presentar varias funciones. Primero, la red ATM debe determinar como rutear los requerimientos de señalización a través de sus nodos, desde el origen hasta el destino requerido, debido que a diferencia de la mayoría de los protocolos de ruteo convencionales, los protocolos que operan entre los switches ATM deben asegurar que el camino seleccionado entre los nodos origen y destino conozcan los requerimientos de QoS para la conexión, tal como se mencionó brevemente al inicio de esta sección. Como segunda fase, una vez que la conexión es establecida, se procede a la transferencia de datos usando cell relay dentro de los switches ATM.

Varios mecanismos de administración de tráfico son requeridos, tanto dentro de la red ATM, y entre la red ATM y los nodos ATM origen y destino, con el objetivo de que las garantías hechas a la conexión sean conocidas durante el tiempo de vida de la conexión.

4.2.7 MECANISMOS DE ADMINISTRACION DE TRAFICO.

Establecer una conexión entre nodos ATM implica cumplir con una serie de condiciones que fijan requerimientos y exigencias en calidad de servicio, y duración para las conexiones. Estas condiciones son puestas a consideración al inicio de una negociación y deben mantenerse en todo el tiempo que dura la conexión entre los nodos ATM. Para satisfacer estas condiciones, existen en ATM diferentes especificaciones que se las agrupa según las características y la calidad de servicio del tráfico que se solicita:

Estas especificaciones son agrupadas en clases de servicios; y al iniciarse una conexión, el nodo que inicia la conexión debe requerir una clase específica de servicio a la red ATM. Las clases de servicios son usadas por las redes ATM para manejar tipos específicos de conexiones, cada una de las cuales está destinada a atender un tipo de tráfico particular como voz o dato que requieren

un comportamiento distinto en el transporte de tráfico. En resumen, ATM establece que para atender los diferentes tipos de tráfico que existen se lo puede realizar en base a cinco categorías o clases de servicios (QoS), estas QoS se las mencionó 4.2.2 y serán analizadas con más detalle a continuación.

- 1.- **CONSTANT BIT RATE (CBR).** Todo sistema o nodo que envíe a la red ATM un tipo de tráfico variable en la tasa de transmisión requerirá de la red una conexión conocida como CBR; la particularidad de este tipo de conexión es que se establece una relación fija de tiempo entre los muestreos de datos. Usualmente se la destina para atender un cierto tipo de conexión conocida como emulación de circuito, y puede ser aplicada para enlaces de tipo TDM.

- 2.- **VARIABLE BIT RATE-REAL TIME (VBR-RT).** Esta clase de servicio es usada para conexiones que llevan tráfico variable en la tasa de transmisión, pero que mantienen una relación fija de tiempo entre cada muestreo; por ejemplo, para aplicaciones que requieren compresión de video.

- 3.- **VARIABLE BIT RATE-NON REAL TIME (VBR-NRT).** Usada para conexiones que llevan tráfico variable en la tasa de transmisión, pero sin relación de tiempo entre muestreos de datos, y que requieren una garantía en la calidad de servicio. Por ejemplo, su uso resulta aplicable para conexiones de tipo Frame Relay.

- 4.- **AVAILABLE BIT RATE (ABR).** Maneja un tipo de tráfico con ciertas similitudes al servicio de VBR-NRT; soporta transmisiones variables en la tasa de transmisión, pero sin preservar o mantener relación de tiempo entre origen y destino. A diferencia del servicio de

VBR-NRT, ABR no garantiza ningún ancho de banda al usuario, servicio o nodo. En lugar de ello, la red provee tan solo un servicio de 'mejor esfuerzo', para lo cual se cuenta con mecanismos de control de flujo para incrementar el ancho de banda que se asigna a un usuario, nodo o sistema. ABR es usado para protocolos tradicionales de redes de área local que utilizan tanto ancho de banda como el que esté disponible en la red, este servicio se aplica a una red de área local (LAN), y se lo conoce como LAN Emulation.

5.- UNSPECIFIED BIT RATE (UBR). Esta clase de servicio no ofrece garantía alguna en la integridad de los datos que transmite. El usuario puede enviar libremente datos, dentro de un límite definido al momento de la conexión, pero UBR no garantiza que evitará la pérdida de celdas, retardos o variación de éstos durante todo el tiempo que dure la conexión. Los protocolos LAN son aquellos que mejor encuadran en los requerimientos de este tipo de servicio.

CAPITULO 5

DISEÑO DEL PROYECTO

En este capítulo final se comienza describiendo y justificando el proyecto, además de realizar un análisis inicial de los servicios que se prestarán. Luego se detalla, para cada uno de los servicios, cuáles serían las técnicas y dispositivos requeridos para la instalación de los equipos de acceso a la red, y de los módulos ATM que formarán la red. Finalmente, se cubre la instalación del backbone de fibra y la administración que requerirá la red pública ATM.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

El objetivo del proyecto es diseñar una solución en comunicaciones de datos, orientada a servir áreas o zonas específicas de la ciudad de Guayaquil, con el respaldo de una tecnología que soporte las grandes exigencias de transferencia de información, tanto en tasa de transmisión como en distancia y calidad de servicio, que suelen exigirse en aquellas transacciones basadas en redes, aplicaciones de voz, video, y gráficos, además de poder ofrecer un núcleo central para la interoperabilidad de redes con diferentes plataformas, sistemas operativos o protocolos de red. Obteniendo así, una mejora notable en la actual estructura de comunicaciones que funciona en la ciudad de Guayaquil al permitir el desarrollo de los servicios básicos de comunicaciones y de los servicios adicionales de valor agregado, muy comunes en la actualidad.

El proyecto ofrece una alternativa en comunicaciones digitales orientada a establecerse como una red primaria en la ciudad de Guayaquil, que integrará entre sí las siguientes áreas de información:

- 1.- **Centros de generación de datos.**- Son centros de cómputo, centros de almacenamiento de base de datos, de documentos, de gráficos cuya información al cambiar o actualizarse constantemente es utilizada por otros centros y usuarios locales o remotos.
- 2.- **Centros de procesamiento de datos.**- Estos centros reciben datos y requerimientos que llegan de diversas fuentes, los mismos que son procesados para entregarse a centros de recepción o generación de datos. Un caso de estos lo constituyen las diferentes redes de cajeros automáticos; estas redes tienen un centro de cómputo que procesa los requerimientos de los diferentes cajeros y los orienta hacia el banco al que corresponde el requerimiento.
- 3.- **Centros de recepción de datos** - Son básicamente los usuarios finales, aquellos que requieren de datos o información almacenados en los centros de generación de datos. Puede ser un usuario en particular requiriendo datos de internet, o bases de un servidor remoto; e incluso una red de área local puede considerarse un centro de recepción que agrupa a usuarios corporativos que necesitan recibir información externa a través de aplicaciones personalizadas.

El diseño está en capacidad de integrar, ampliar y mejorar en condiciones notables el tráfico tradicional de voz y datos que ofrecen los principales sistemas de comunicación que operan actualmente en la ciudad de Guayaquil. Entre estos servicios están los que ofrece Pacifictel al mercado público y privado a través de redes analógicas y digitales; y los diferentes servicios ofrecidos por empresas privadas de telecomunicaciones, como los enlaces de radio o los enlaces dedicados de cobre. La capacidad que posee la red pública ATM de reemplazar toda esta diversidad de redes y servicios se basa en que se la

concebe como una red estratégica con capacidad de integrar toda clase de tráfico de datos provenientes de sectores financieros, industriales, económicos e incluso residenciales de Guayaquil, a través de un solo medio físico de transporte y de una tecnología de transmisión común a todos.

Estas dos características, el medio físico y la tecnología de transmisión común de la red pública ATM, permitirán centralizar toda la operación y administración de cualquier necesidad de transporte de datos que exista en Guayaquil; cumpliendo de esta manera con consideraciones críticas de todo sistema de comunicación como son disminuir tiempos de procesamiento de información, reducción de los costos operativos de mantenimiento lógico y físico de una red, elevar la eficiencia de los recursos tecnológicos de cualquier abonado potencial de la red. Convirtiéndose en características que no se encuentran en la gran diversidad de redes y enlaces múltiples y paralelos que actualmente existen en Guayaquil.

El medio físico de transporte y la tecnología de transmisión consideradas en este proyecto permitirán ofrecer canales de comunicaciones cuya capacidad de transporte de datos varíe dinámicamente, según sean requeridos por las aplicaciones residentes en las redes de los abonados finales, permitiendo elevar el rendimiento de la red al tener la capacidad de manejar adecuadamente cualquier crecimiento en el transporte de información, producido por un aumento en el tráfico de datos de los abonados, o por un aumento en la concentración de la cantidad de abonados en cada nodo de la red ATM. Para ofrecer esta capacidad de crecimiento, la red pública ATM considera una integración entre tecnologías diversas como el ruteo a nivel de la capa de red, conmutación a nivel físico y la inclusión del concepto de redes virtuales que permite coexistir múltiples redes lógicas, creadas por un administrador de la red, en una sola red física.

Las tres características mencionadas, conmutación, ruteo y red virtual, permiten ofrecer una solución con una estrategia abierta, en capacidad de aceptar cualquier crecimiento o exigencia de las redes y de

sus usuarios potenciales, eliminando así la necesidad de utilizar soluciones propietarias que vayan a crear ciertas restricciones a un crecimiento o expansión de la red pública ATM.

Teniendo como prioridad las condiciones antes mencionadas se diseñó el proyecto, el cual se basa en una red de comunicación pública integrada por módulos ATM distribuidos estratégicamente en varios sectores geográficos de Guayaquil, y conectados entre sí por enlaces físicos de fibra óptica a través de interfaces de comunicación óptica. Así la capacidad para integrar la red de un abonado a la red pública ATM será una consideración crítica en la selección de los módulos ATM, ya que sobre éstos recaerá la operación, crecimiento, cambios y exigencias que se darán durante el funcionamiento de la red pública ATM. La capacidad de integración de los nodos ATM, y de los enlaces de fibra óptica considerados para su interconexión, permite ofrecer un medio físico de transporte común conocido como backbone, con una altísima tasa de transmisión de datos y con un rendimiento consistente y constante, que esté a disposición del usuario o abonado final a través de las interfaces físicas necesarias, existentes en cada uno de los nodos ATM y que están destinadas a servir a un abonado en particular.

La distribución de los módulos o nodos ATM en la ciudad de Guayaquil, obedece a consideraciones estratégicas de accesibilidad física para los abonados potenciales de la red pública, y a una rentabilidad comercial y técnica que deba ofrecer su instalación en determinados sectores de Guayaquil. A su vez, los enlaces físicos de fibra óptica que se consideran en la red son entre aquellos nodos ATM ubicados en sectores continuos, pero considerando la seguridad que debe brindar la operación de la red ante cualquier pérdida de un enlace de fibra entre dos o varios nodos, se establecen enlaces de fibra óptica que permitan habilitar caminos alternos y paralelos entre diferentes nodos ATM. Esta es una de las consideraciones que se respeta en el gráfico 5.1.1.

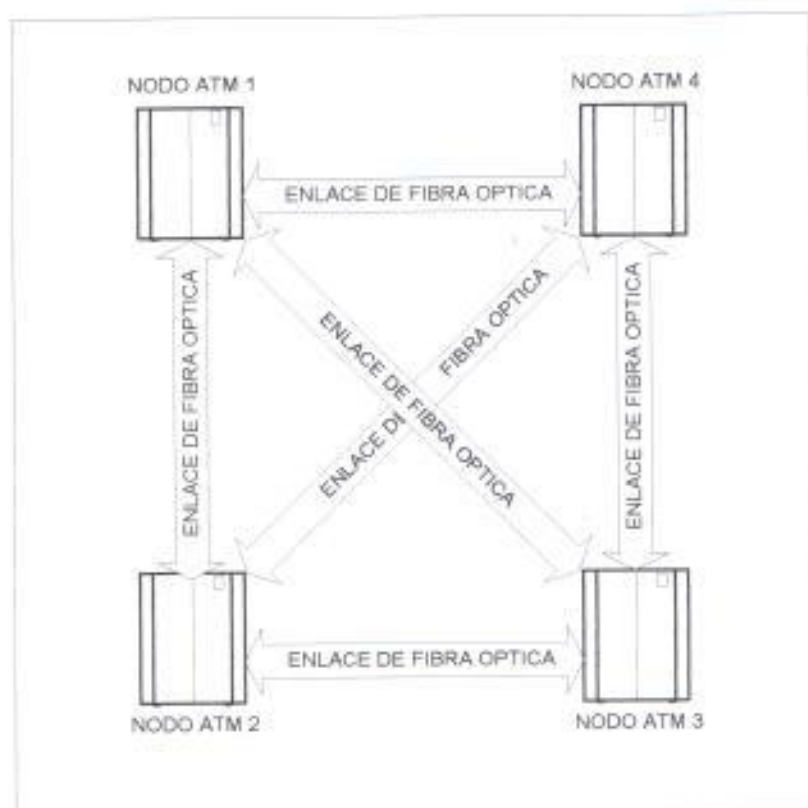


FIG. 5.1.1.
DISEÑO DE UNA RED ATM CON ENLACES REDUNDANTES

En el gráfico 5.1.1 se establecen varios enlaces entre los nodos de la red, como aquellos que unen los nodos 1 con 2; 2 con 3; 3 con 4; 4 con 1; 1 con 3 y 2 con 4. De estos enlaces, aquellos que unen los nodos 1 con 3 y 2 con 4, se consideran redundantes pues establecen rutas alternas que cubren cualquier eventualidad que se de con alguno de los otros enlaces que se consideran como enlaces directos. Este diseño permite que ante la pérdida eventual de un enlace, como el que une los nodos 4 con 3, el tráfico en ese enlace pueda manejarse a través del enlace existente entre los nodos 4 y 2, como se muestra en la figura 5.1.2, con lo que se evita cualquier retardo en las transmisiones de información que provocan pérdidas económicas. Justificándose de esta manera el tomar todas las precauciones necesarias en el diseño de la red pública ATM.

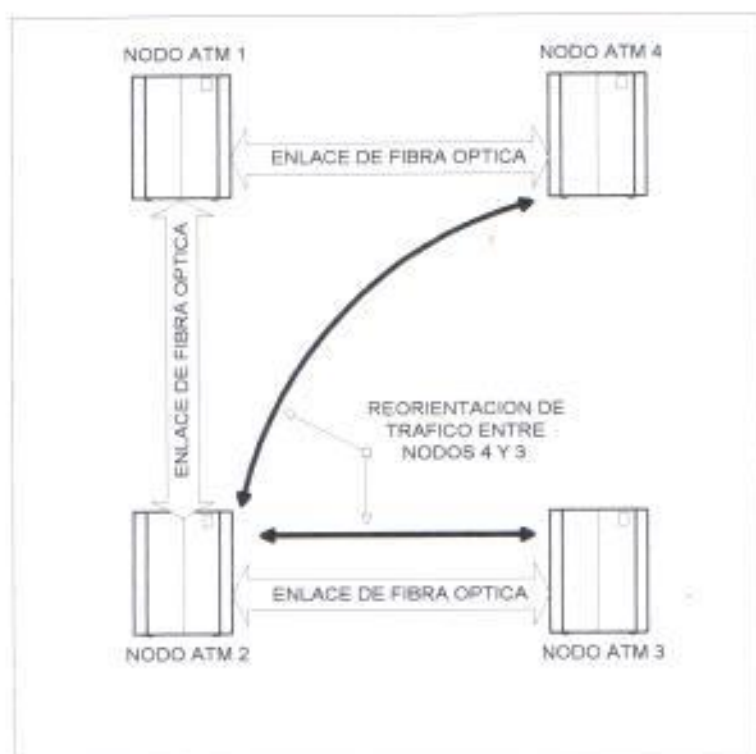


FIG. 5.1.2.
 RUTA ALTERNA ENTRE NODOS ATM

En cuanto a los puertos que deberán existir en cada uno de los nodos ATM para servir a las redes de los abonados, éstos varían según el tipo de enlace físico y de la capacidad de la tasa de transmisión del enlace. Si consideramos una típica red de área local como ethernet, token ring o FDDI, su integración a cualquier nodo público ATM podría realizarse a través de un router o un módulo privado ATM, y la selección de alguna de estas tecnologías depende de la capacidad del enlace y el modo de acceso que se desea entre la red del abonado y la red pública ATM.

Consideremos el caso de una configuración típica utilizada en la actualidad en empresas financieras como los bancos para integrar una agencia a la oficina matriz. Tal integración usualmente se realiza con enlaces dedicados de radio para los canales de datos y líneas dedicadas de Pacifictel para voz, como se

muestra en el gráfico 5.1.3, de manera que existen 2 enlaces paralelos para servir una agencia bancaria y con limitaciones tan notorias como tipo y cantidad de información que puede transportarse a través de cada uno de los enlaces.

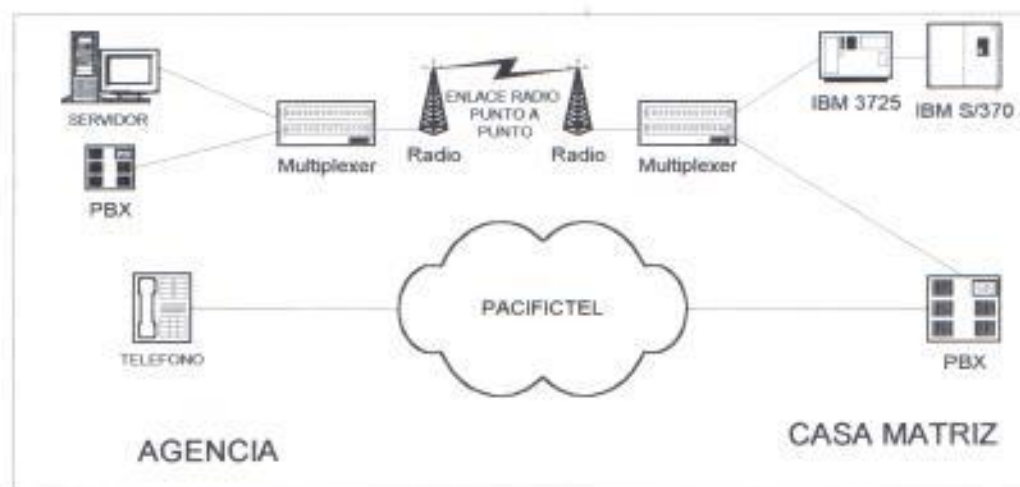


FIG. 5.1.3.
CONFIGURACION TIPICA DE ENLACES REMOTOS

Estas limitaciones son superables, por ejemplo, consideremos que la red de la fig. 5.1.3, formada por la red central de la Casa Matriz y por la red remota de la agencia, utiliza 2 tipos de enlaces, 1 para voz y otro para datos; esta red puede ser objeto de mejoras utilizando una tecnología que reemplace los enlaces tanto de voz como de datos con un solo enlace físico, de tal manera que la integración de la agencia a su Casa Matriz sería a través del backbone de la red pública ATM, como se muestra en la fig. 5.1.4.

Desde el punto de vista de los usuarios, la red pública ATM constituirá un ambiente transparente, una especie de nube, ver fig. 5.1.5, dentro de la cual se encuentran los nodos ATM conectados por enlaces de fibra. Los módulos ATM deberán ser administrados y supervisados por programas de monitoreo propios que serán los que permitan conocer de cualquier cambio físico, o lógico en el funcionamiento

normal de la red. Además de permitir recolectar estadísticas de uso de los enlaces e inventario de los dispositivos de la red, y de muchas otras bondades que deberán tener para manejar una red de las dimensiones que se proponen en el diseño de la red pública.

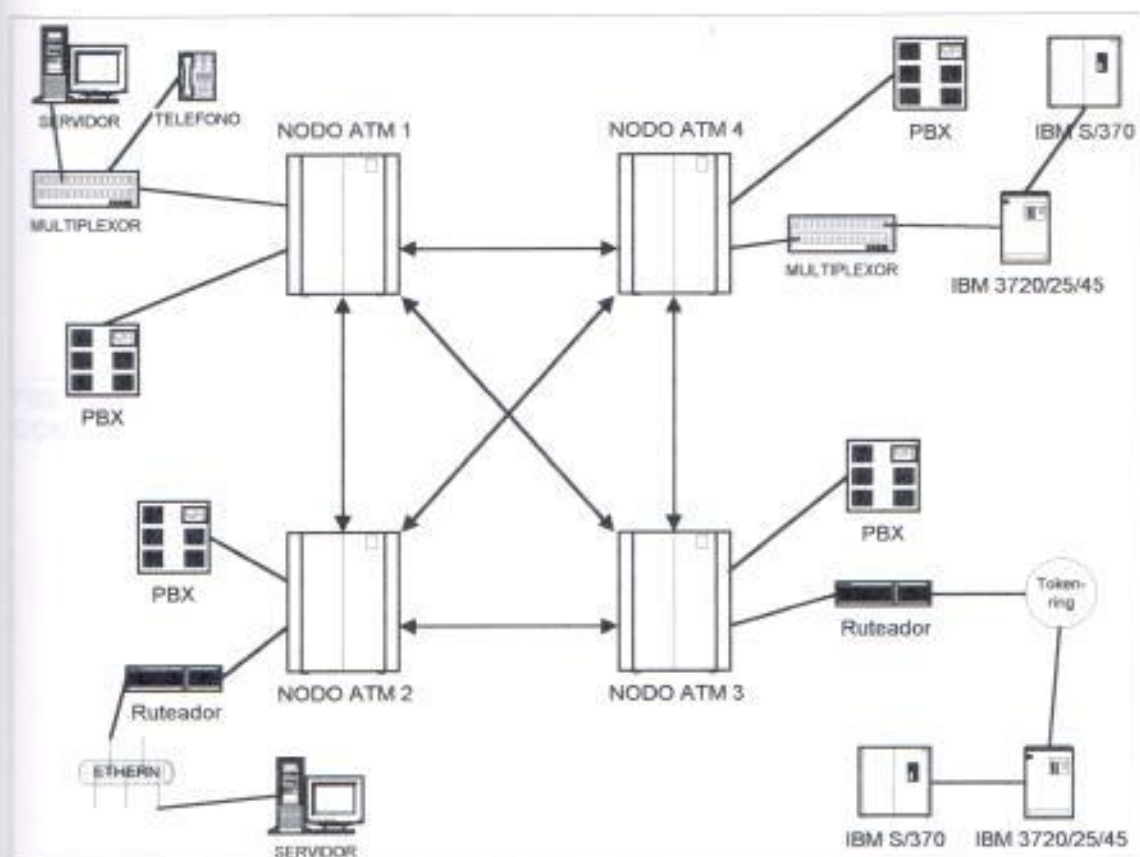


FIG. 5.1.4.
TIPOS DE CONEXION ABONADOS-RED PUBLICA ATM

La conexión de un abonado a la red ATM necesitará de uno o más puertos, y dependerá de la clase o cantidad de información que el abonado necesitará transportar a través de la red ATM. De tal forma que en la red del abonado habrá un equipo que deberá tener un puerto de similares características al que se le asignó en el nodo de la red pública ATM, ver fig. 5.1.6, es así que si el puerto asignado a un abonado en el nodo ATM es de tipo OC-3, este mismo abonado deberá tener un equipo con un puerto similar destinado a la conexión con el nodo ATM.

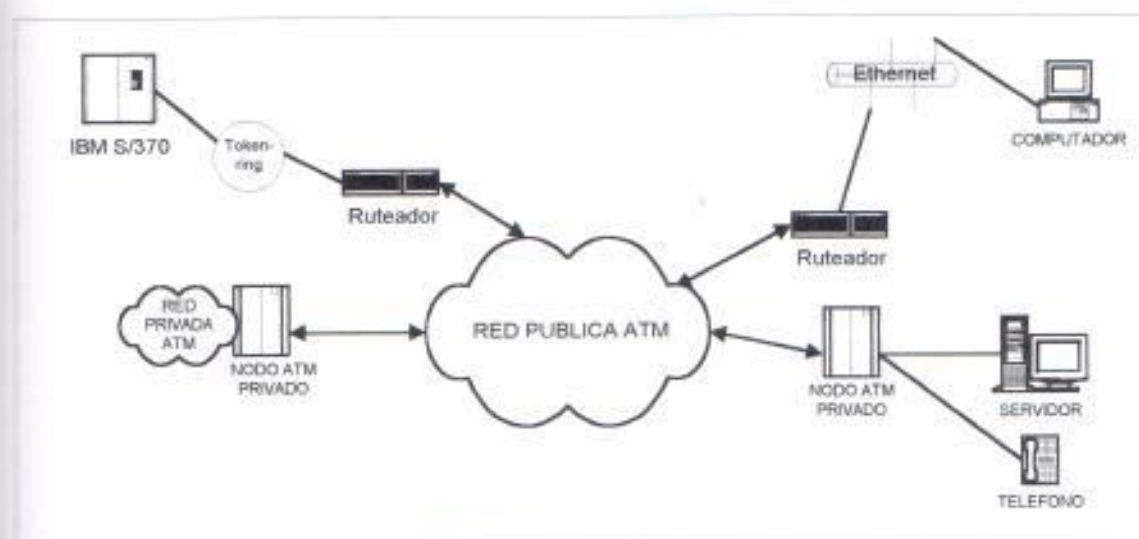


FIG. 5.1.5.
CONEXION DE ABONADOS A NUBE ATM

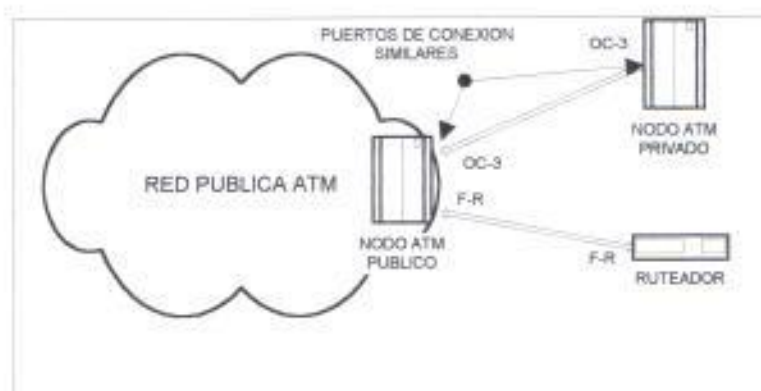


FIG. 5.1.6.
CONEXION NODO PRIVADO A NODO PUBLICO

5.2 SERVICIOS A PRESTARSE A TRAVES DE LA RED

Como se ha mencionado en análisis anteriores, las tecnologías de comunicaciones que se ofrecen actualmente en la ciudad de Guayaquil corresponden a técnicas de conmutación de paquetes como

CDPD, Vsats o de transporte de frames como TDM y FDM. Estas tecnologías usan enlaces de cobre o fibra ofrecidos por Pacifictel, enlaces inalámbricos, analógicos y digitales, ofrecidos por proveedores privados y que se utilizan como redes paralelas para el transporte de voz y datos de cualquier empresa; esto crea una serie de enlaces paralelos con la desventaja del costo mensual que involucra el uso de frecuencias para los enlaces inalámbricos. Ambos tipos de enlaces, los ofrecidos por Pacifictel y los ofrecidos por proveedores privados, tienen deficiencias tanto en volumen de la información que están en capacidad de transportar, como en los niveles de seguridad que aplican para transportar dicha información. Usualmente los enlaces de cobre de la red analógica de Pacifictel se usan como respaldo de enlaces inalámbricos, pues son menos costosos, pero con la gran desventaja de no poder ofrecer confiabilidad para el transporte de datos debido a las fallas de su planta externa.

Una alternativa a estos métodos de transporte son las redes de conmutación de paquetes que utilizan la tecnología ADSL, frame relay, X.25 y servicios de internet, además de las redes telefónicas digitales ofrecidas por Pacifictel, a través de Teleholding. A pesar de mejorar bastante el transporte de datos, no resuelven un problema general como es la incapacidad de masificar estos servicios debido a que son soluciones orientadas en forma puntual a la transmisión de datos, por lo cual deben de realizar una inversión separada para el transporte de otros tipos de información como voz, fax, video conferencias, etc.

Como ejemplo podemos analizar tecnologías diferentes como frame relay, la cual ha sido ideada para el transporte de datos pero no para transportar video; ISDN, muy útil para ofrecer acceso dial-up para video conferencias pero no es ideal para el transporte de datos por ráfagas como suele suceder en los envíos de broadcast en las redes LAN tradicionales; Internet, integradora de redes a nivel mundial, diseñada inicialmente para el transporte de datos, está siendo utilizada para el tráfico de voz y video con un problema que recae en las consideraciones de prioridad que debe tener tráfico muy sensible a

los retardos como lo son voz y video, esto debido a Internet trata por igual todo tipo de tráfico que transporta, y los retardos que sufren las transmisiones de voz y video, afectan su calidad de recepción. Debido a estas limitaciones técnicas se plantea la necesidad de mejorar estos servicios, y una red ATM lo hace en forma notable al tener las condiciones naturales para manejar diferentes tipos de tráfico en base a mecanismos de administración diseñados para cada tipo de servicio a transportar.

La capacidad que posee ATM de manejar cualquier tipo de tráfico y ofrecer diferentes clases de servicio, le permiten suplir las grandes falencias de otros sistemas de transmisión, originadas en el hecho de ser desarrolladas específicamente para cierto tipo de tráfico en particular. De manera que ATM da el tratamiento que tanto voz como video requieren al habilitar la capacidad para cada una de las estaciones finales de solicitar un nivel de calidad diferente para cada tipo de servicio que requiera transportar, con lo que se puede establecer una red pública con capacidad de integrar a su backbone el transporte de una diversidad de servicios a través de conexiones independientes para cada tipo de servicio. Se establece así la capacidad para ofrecer un medio idóneo, confiable, común y rápido a diferentes servicios que actualmente no se ofrecen en la ciudad de Guayaquil, sobre todo por las limitaciones de los sistemas de comunicaciones que posee:

La existencia de un sistema de comunicación, amplio en su capacidad de transporte y en la fiabilidad del manejo de la información, permitirá el desarrollo de servicios y aplicaciones que integren video, voz y datos, creando una estructura de comunicaciones que influenciará directamente en el desarrollo de nuevas y amplias aplicaciones que permitirán integrar áreas de desarrollo, académicas, financieras, científicas, etc., y ofrecer un excelente medio de transporte para servicios más amplios como Internet, televisión por cable y tráfico de centrales telefónicas como las de Pacifictel. En base a tal posibilidad, la existencia de una red pública que mejore y desarrolle la estructura de comunicación en Guayaquil, se analiza y se muestra a continuación el diseño correspondiente para integrar a la red pública ATM

los diferentes servicios que se ofrecen en Guayaquil.

5.2.1 INTERNET A TRAVES DE LA RED PUBLICA ATM.

El diseño tradicional usado por empresas proveedoras de acceso a Internet trata básicamente de una red ethernet en la que se hallan los servidores encargados de dar servicio de Proxy Server, Mail Server, WEB Server, etc., los que tienen acceso a la red Internet a través de un ruteador y de un enlace satelital. El acceso por parte de los abonados a la red ethernet se realiza a través de la red telefónica de Pacifictel, logrando físicamente ingresar a dispositivos conocidos como Access Servers con uso de acometidas telefónicas; un bosquejo de este diseño se muestra en la figura 5.2.1.1.

La facilidad y calidad de acceso de los usuarios de Internet a la red del proveedor depende de la calidad del módem que usan para la conexión, usualmente lo logran a 28.8 Kbps, además de la disponibilidad de líneas telefónicas y de las condiciones en que éstas se encuentran. Estos dos últimos factores limitan la cantidad total de abonados de internet y la rapidez con que logran este acceso. Es posible que se pueda mejorar esta configuración utilizando una red ATM, en el caso actual, preservando el acceso a través de las centrales de Pacifictel y usando la red pública ATM se mejoraría el acceso de los usuarios a internet tanto en calidad como en cantidad, sobre todo debido a que el acceso desde las centrales de Pacifictel a la red ethernet del proveedor se lo haría usando enlaces E1/E3 que las redes de Pacifictel están en capacidad de manejar, mejorando de manera notable la transferencia de información y la capacidad de líneas telefónicas hacia el proveedor.

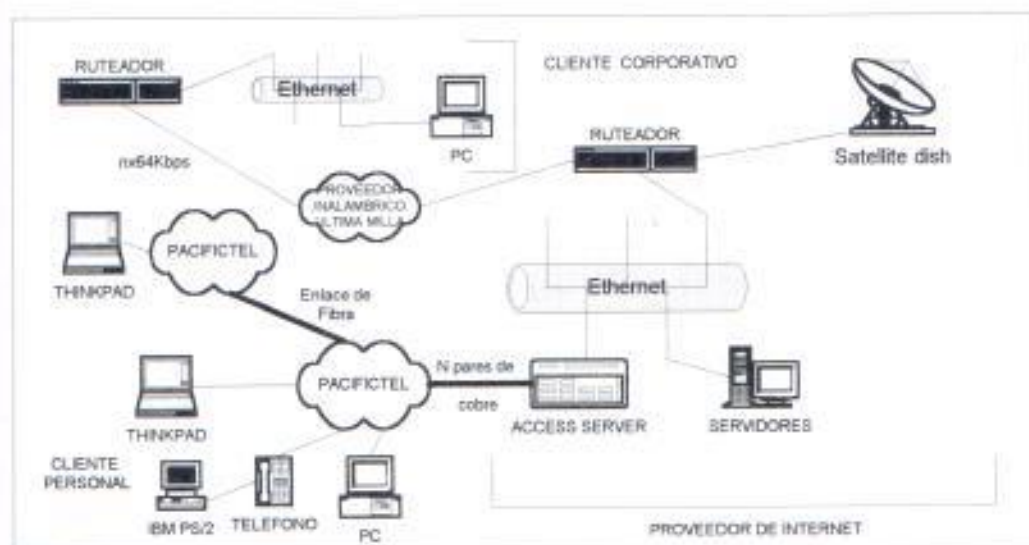


FIG. 5.2.1.1.
ACCESO TRADICIONAL A INTERNET

Consideremos un proveedor que posee 300 líneas telefónicas para el acceso de clientes a su red privada a través de igual número de pares de cobre conectados físicamente al Access Server; este acceso podría mejorarse utilizando un dispositivo que acepte interfaces E1 de la red pública ATM, la cual a su vez se conectaría a las centrales de Pacifictel. Esta configuración permitiría aumentar en cantidades muy considerables la cantidad de líneas de acceso para los abonados. La configuración que se menciona se muestra en la Fig. 5.2.1.2.

Este modelo de diseño se basa, también, en que las actuales centrales digitales de Pacifictel como son las de tecnología ERICSSON, AXE-10, y las de tecnología ALCATEL, E10B, tienen la capacidad técnica para proveer enlaces E1, E3 hacia la red pública ATM.

Se puede observar, gráfico 5.2.1.1, que el acceso de una corporación se realiza utilizando la red de última milla que un proveedor le suministra. Esta conexión va directa hacia el proveedor de internet, sin utilizar las redes telefónicas de Pacifictel.

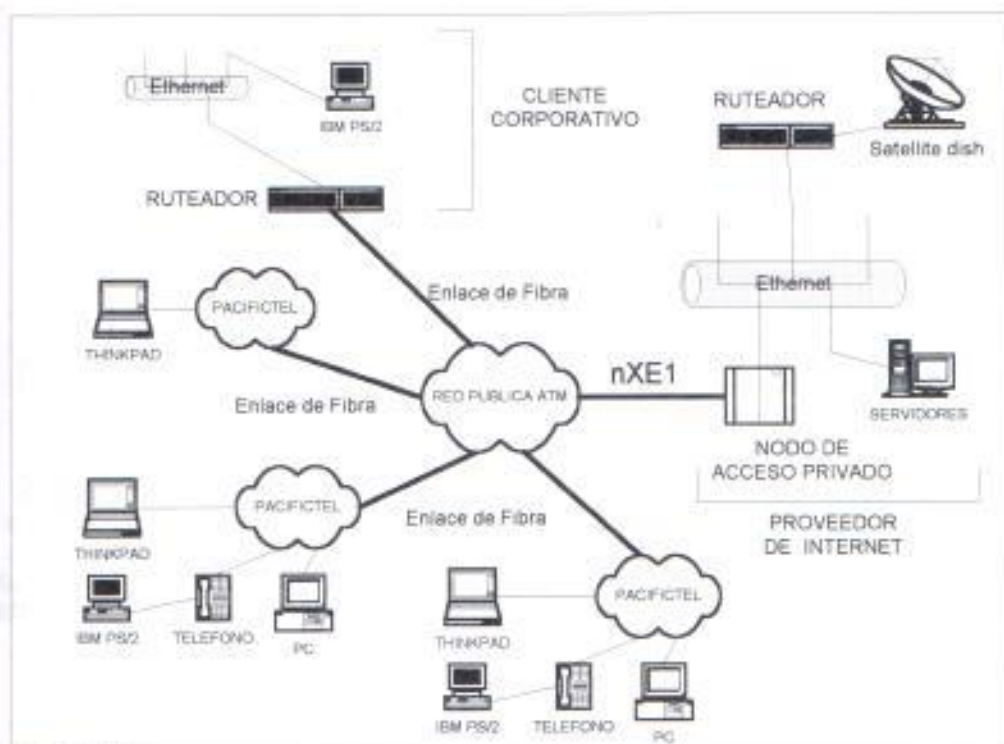


FIG. 5.2.1.2.

ACCESO A INTERNET A TRAVES DE LA RED PUBLICA ATM

Un diseño adicional es aquel que permite a un proveedor de acceso satelital a Internet ofrecer el servicio a aquellos proveedores de internet dedicados a brindar el servicio al usuario final. De tal forma, el proveedor del enlace satelital, que generalmente en Guayaquil ofrece enlaces de 128 Kb al proveedor del usuario final, contará con enlaces directos a la red ATM que le permitan ofrecer enlaces de mucha más capacidad a aquellos proveedores que lo requieran. A su vez, el proveedor del usuario final tendría dos tipos de conexión: una de ellas con acceso a la red de Pacifictel a través de enlaces E1 que prestaría ingreso a un usuario final de Internet; y la segunda conexión que iría hacia su proveedor de acceso satelital a Internet, a través de un switch ATM.

El switch ATM se conectaría a la red ATM usando un enlace OC-3, figura 5.2.1.3. Este tipo de conexión, OC-3, se considera en el análisis de la sección 5.3.3.1

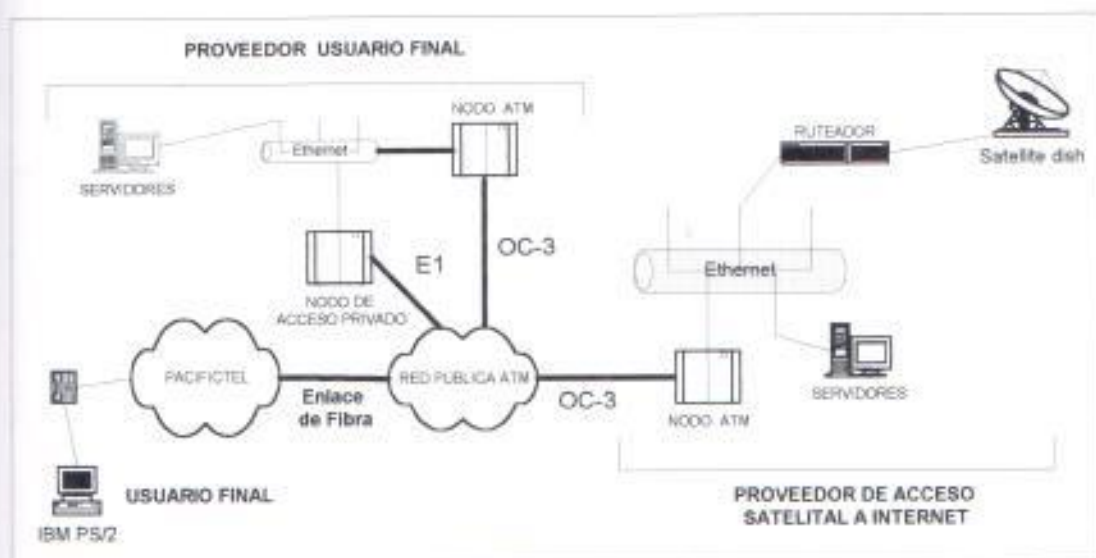


FIG. 5.2.1.3.
RED PUBLICA ATM COMO BACKBONE PARA SERVICIOS DE INTERNET PARA LA ULTIMA MILLA

El diseño basado en ATM presenta mejoras notables tanto a nivel del proveedor de Internet, como del usuario final de este servicio; así, el proveedor encuentra que el método de acceso a su red por parte del usuario final cambia del tradicional método de ofrecer un cierto número de líneas a través de pares de cobre que son suministrados por Pacifictel, a un método de acceso digital dinámico y mucho más amplio que es ofrecido por la red pública ATM. El usuario final, a su vez, encontrará un servicio de Internet más seguro debido a que la parte crítica del acceso a este servicio se reducirá a la conexión telefónica establecida con Pacifictel, de la que dependerá la facilidad y calidad de servicio que pueda obtener en el enlace a Internet.

5.2.2 TELEVISION POR CABLE A TRAVES DE LA RED PUBLICA ATM.

La distribución típica de Televisión por cable hacia los abonados se la realiza a través de medios físicos como el cable coaxial, aunque se ofrecen servicios de aire como alternativa de mercadeo hacia sitios o suscriptores remotos en donde la demanda es casi particular, de uno o 2 usuarios,

y no se justifica llegar con una inversión de una red coaxial. Una red de distribución por cable coaxial se muestra en el gráfico 5.2.2.1.

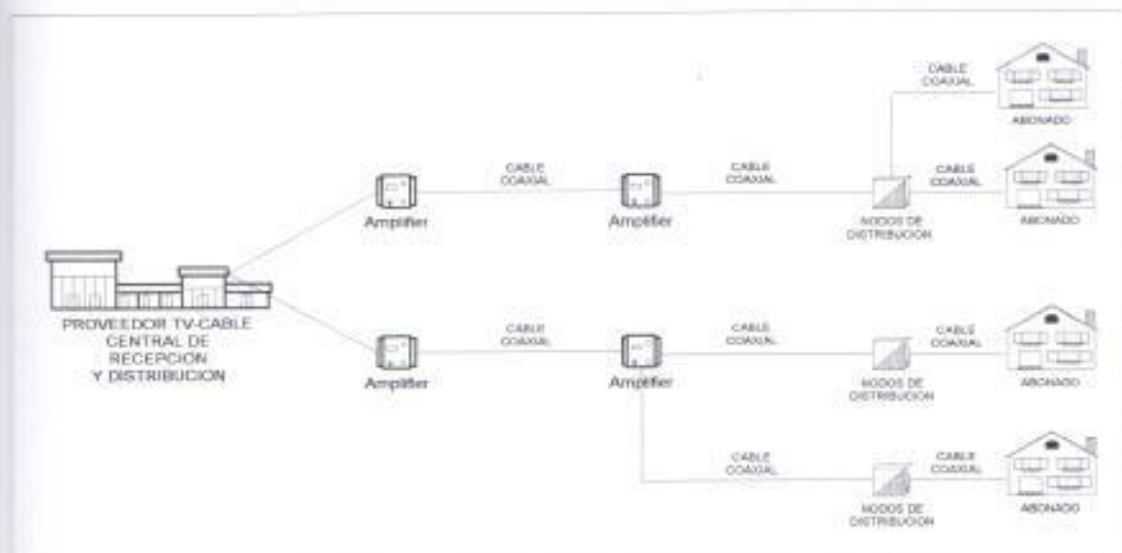


FIG. 5.2.2.1
DISTRIBUCION DE UNA RED DE TV POR CABLE COAXIAL

Este esquema considera el uso de cable coaxial desde la central de recepción y distribución hasta los abonados locales con el uso de amplificadores intermedios para reponer las pérdidas que se dan en este tipo de instalaciones, y que limitan la cantidad de canales que se pueden transmitir. Así, este sistema tradicional que usa cable coaxial como medio físico en su backbone, ha tenido una evolución natural hacia un backbone basado en fibra óptica. Esta migración establece una red más confiable y segura, definiendo un mejor rendimiento costo-beneficio al eliminarse los conocidos repetidores y amplificadores que requiere la red de cable coaxial, y ampliando a la vez el espectro y calidad de servicios que pueden brindarse al abonado con el uso de fibra óptica.

Establecer una red de fibra óptica usando técnicas digitales de compresión permite brindar hasta 500 canales hacia una residencia. Otra alternativa es la de proveer una gran variedad de

servicios de video, tales como video bajo demanda, difusión de video digital, entre otros. El uso de fibra óptica en una red de televisión por cable es denominada como red híbrida Fibra Óptica-Cable Coaxial (HFC).

Las 2 tecnologías de Televisión, aquella que usa coaxial y la red HFC, se basan en un sistema de transmisión de radio frecuencias, sistema que incluye la recepción de señales de televisión local y la que se recibe de otros países a través del satélite. La figura 5.2.2.2 esquematiza la recepción de las señales de televisión en la cabecera, headend o centro de recepción, se observa que las señales son recibidas a niveles de alta frecuencia, HF, las cuales son convertidas por un receptor a frecuencia intermedia, IF, para luego pasar por un modulador y combinador antes de difundirse hacia los abonados.



FIG. 5.2.2.2
RECEPCION DE SEÑALES DE TELEVISION VIA SATELITE

Cualquiera de las dos tecnologías, coaxial o HFC, carecen de una aplicación o migración posible hacia un backbone ATM, fundamentalmente en base a que no es posible pasar de una señal de radio frecuencia a una señal ATM, o a una señal SONET que también podría manejarse en la red pública ATM. Básicamente no existe un equipo que maneje una entrada de radio frecuencia entre 50 Mhz a 750 Mhz, y una salida digital en Mbps, y que pueda facilitar por lo tanto la difusión de unos 78 canales de tipo analógico a través de un medio de transporte digital como son las celdas ATM.

Se requiere, por lo tanto, considerar un diseño alternativo que será una evolución al proceso de la red HFC que existe actualmente en Guayaquil. Este diseño se basa en una arquitectura TDM digital similar a la red telefónica, pero con predominio de las señales de video, este esquema se abordará en análisis posteriores pero únicamente como alternativa a considerar en un futuro, más no como un diseño a considerar en la actual red pública ATM. Los factores que afectan la aplicación de esta tecnología se basan en el principio de diseño establecido para proyectar la red pública ATM.

El diseño que se ha seguido para agregar las diferentes clases de servicios, como los de telefonía pública e internet a la red ATM, es el de integrarlos en base a un equipo común que comparta la tecnología del servicio a agregar y la tecnología de la red pública ATM. Pero este no es el caso para la migración del servicio de televisión por cable, pues en este caso se requiere cambiar casi toda la infraestructura existente de equipos, además de la tecnología para el tratamiento de las señales de televisión.

5.2.3 MIGRACION DE SERVICIOS INALAMBRICOS A LA RED PUBLICA ATM.

Los servicios inalámbricos son enlaces punto a punto usados comúnmente por diversas empresas para la conexión de sus oficinas, o agencias remotas; usualmente emplean enlaces de radio de cuyo ancho de banda deben asignar una cantidad específica para cada variedad de información que multiplexan y que envían a través del enlace de radio, usando un determinado número de canales de 64 Kbps. Este tipo de enlace requiere de un mantenimiento individual, pues son muy propensos a los cambios climáticos que afectan notablemente la calidad de la señal de radio que transmiten.

Los enlaces inalámbricos se los utiliza para realizar transacciones bancarias o financieras que

requieren un ancho de banda limitado, y cualquier aplicación que se ha usado después, se basa en esta característica de ancho de banda limitado. Además, este tipo de conexión no establece integración entre redes remotas, sino un simple transporte de información entre aplicaciones; la integración se logra con el uso de ruteadores que hacen uso de los mismos enlaces de radio con lo que la limitación, tanto en variedad como en cantidad de información, se mantiene. Este tipo de esquema de enlaces inalámbricos se muestra en la figura 5.2.3.1.

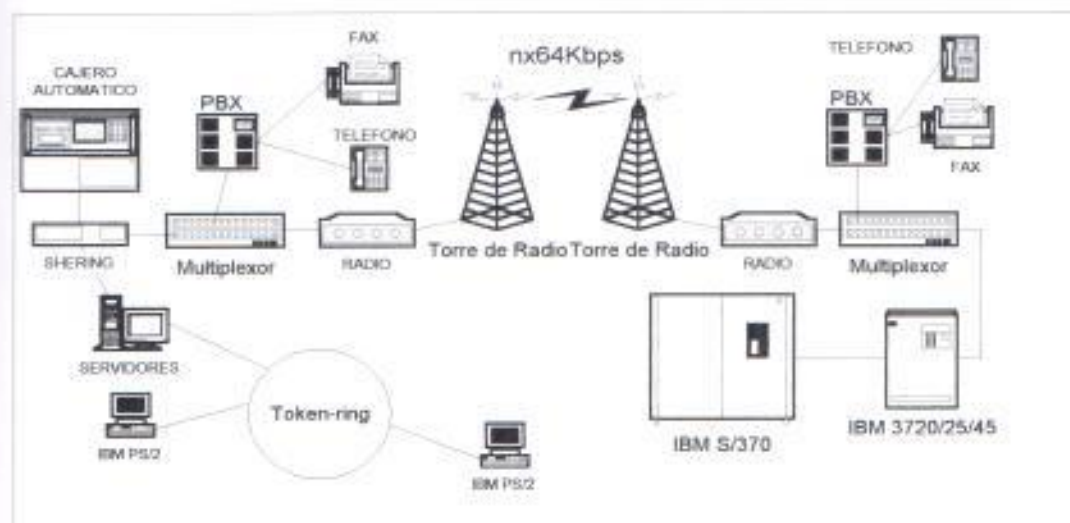


FIG. 5.2.3.1.
INTEGRACION REMOTA A TRAVES DE ENLACE DE RADIO

Un mercado que también utiliza una variedad de enlaces inalámbricos es el de la red de cajeros automáticos BANRED, cuyo sistema de conexión es primariamente a través de enlaces de radio, y secundariamente mediante enlaces digitales de TELEHOLDING y de tecnología CDPD. Estos enlaces se muestran en la fig. 5.2.3.2. Se observa en este esquema que este mercado es servido tanto por enlaces inalámbricos, enlaces de Teleholding y enlaces CDPD, a pesar de esto, cada uno de estos enlaces se lo analiza por separado en secciones siguientes, sobre todo debido a que se considera son de un alcance comercial diferente, y tienen una operación técnica distinta.

Una migración del esquema presentado en la figura 5.2.3.1 es a través de la red pública ATM, implementando además la integración mediante el uso de ruteadores. Este esquema permite la integración de todas las redes remotas a un solo backbone de fibra, mejorando notablemente la disposición de enlaces a través de la ciudad y la capacidad para la transmisión de gran variedad de tráfico, ver figura 5.2.3.3. De manera que se migra de un sistema con un medio de transporte inalámbrico, limitado en la capacidad de transporte y vulnerable a las interferencias atmosféricas, a un sistema que usa como medio de transporte físico la fibra óptica, que maneja gran cantidad de información y brinda gran seguridad en su transportación.

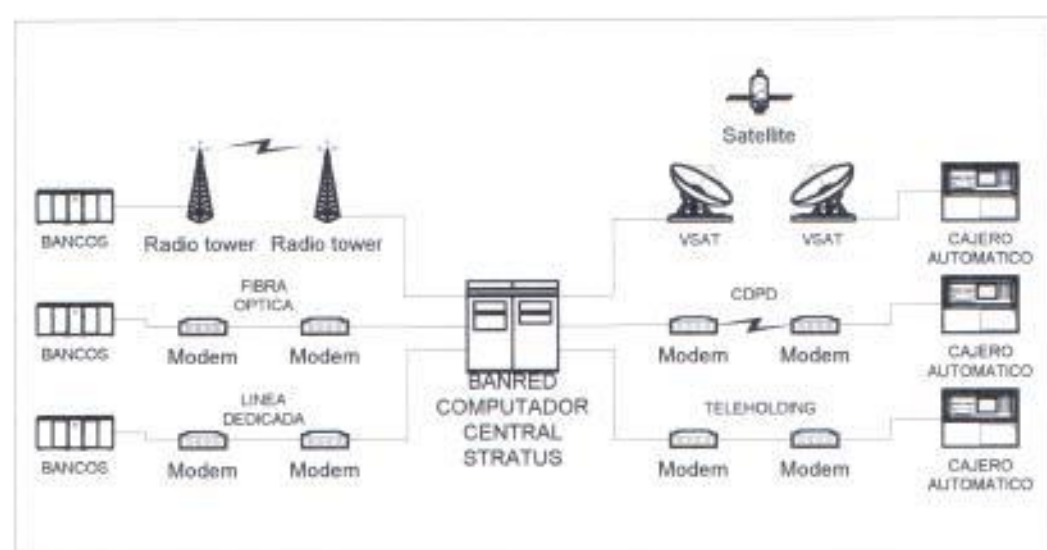


FIG. 5.2.3.2
RED CAJEROS AUTOMATICOS
FUENTE: BOLETIN BANRED

El tipo de acceso desde el abonado a la red pública ATM depende de la naturaleza y cantidad de los datos que se desea transportar. La red ATM está en condiciones de aceptar estándares de acceso como DIGITAL STREAM (DS, terminología telefónica) desde DS0 hasta DS3 (64Kbps a 44736 Mbps), además del estándar de fibra óptica OC-n, se consideran para este proyecto desde OC-1 hasta OC-48 (51,84 Mbps – 2.588 Gbps), interfaces ATM LAN como lo son TP25

central, esta integración se muestra en el gráfico 5.2.4.1.

Esta configuración mejoraría el servicio telefónico digital hacia los abonados que lo requieran, permitiendo ampliar el ancho de banda hacia sus PBX's privados y mejorando los servicios telefónicos tradicionales, pues se establecerían enlaces adecuados que permitirían en primera instancia añadir los servicios de video conferencias como primer valor agregado al servicio telefónico digital, una solución que beneficiaría a los abonados corporativos. Pacifictel, estaría directamente afectado pues integraría su tráfico a un backbone común que le permitiría ampliar la variedad de servicios a prestar, además de poder usarlo como un medio alternativo para el tráfico telefónico que posee.

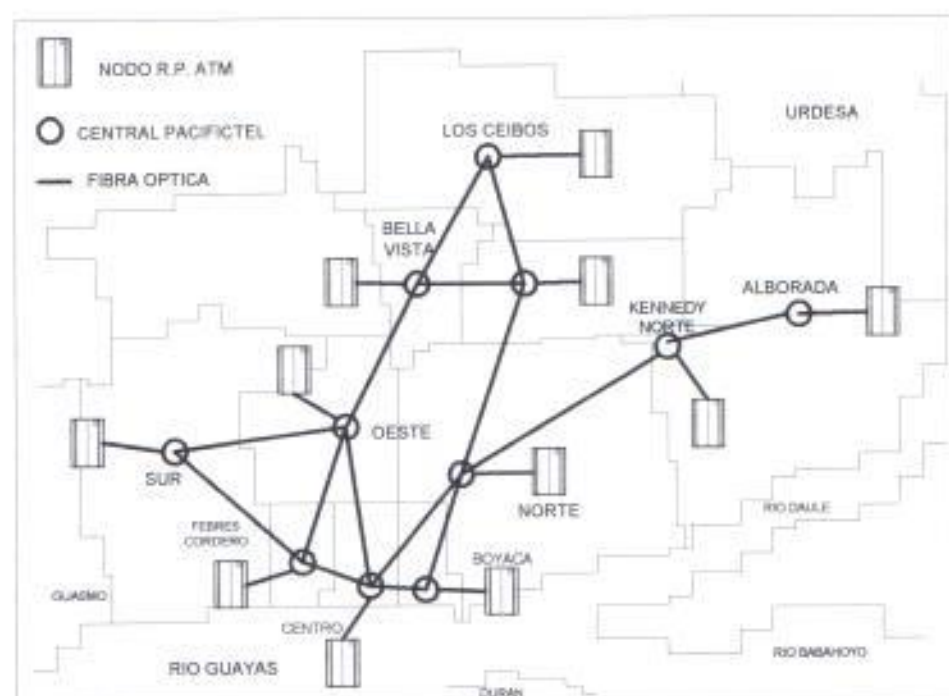


FIG. 5.2.4.1.
CONEXION CENTRALES DIGITALES DE PACIFICTEL A NODOS ATM

La capacidad de los enlaces entre las centrales de Pacifictel y los nodos de la red pública ATM, depende de la población de abonados que exista por área geográfica y del nivel de tráfico que posee cada central digital, factores que son tomados en cuenta en capítulos subsiguientes para el dimensionamiento de cada uno de los nodos ATM de la red pública; los cuales también son considerados por Pacifictel para la demanda de tráfico telefónico en sus redes de fibra óptica.

5.3 INSTALACION DE LA RED DE ACCESO A LA RED ATM

Siendo la red pública ATM un diseño en que se definió claramente el medio físico de transporte y la tecnología de transmisión, el tráfico que tendrá la red dependerá y será suministrado por cada uno de los dispositivos de acceso al backbone ATM; estos dispositivos, junto con la tecnología que utilicen para entregar el tráfico a la red ATM, definen una red de acceso a la red pública ATM como se muestra en la fig. 5.3.1. Los dispositivos de acceso serán quienes suministren a la red ATM todo el tráfico que hará uso del backbone ATM, es decir, tanto el tráfico generado en las redes de los abonados, como el proveniente del uso de los servicios públicos o privados. Se debe establecer, por lo tanto, el tráfico que tendrá cada red de acceso, que involucra el tipo de enlaces a definirse para cada suscriptor o servicio que se estima manejar, y los nodos de acceso disponibles para esos mismos suscriptores o servicios.

Existiendo la necesidad de establecer la demanda que tendrían los nodos de la red pública ATM en la ciudad de Guayaquil, se realiza un análisis sobre los actuales sistemas y servicios de comunicaciones en la ciudad; esto ayudará a definir la ubicación de los nodos, y una proyección inicial de posibles requerimientos de interfaces, protocolos, tecnologías y estándares que tendrían los dispositivos que conforman la red de acceso a la red ATM.

La parte crítica del diseño de la red de acceso es estimar el tráfico que generan las aplicaciones o

servicios inexistentes aún en las redes de los abonados y que podrían integrar al mismo tiempo voz, video y datos, exigiendo el uso de una tecnología de transmisión que sea capaz de manejar estos 3 tipos de información con uso de estándares internacionales y usando eficientemente el ancho de banda asignado a él.

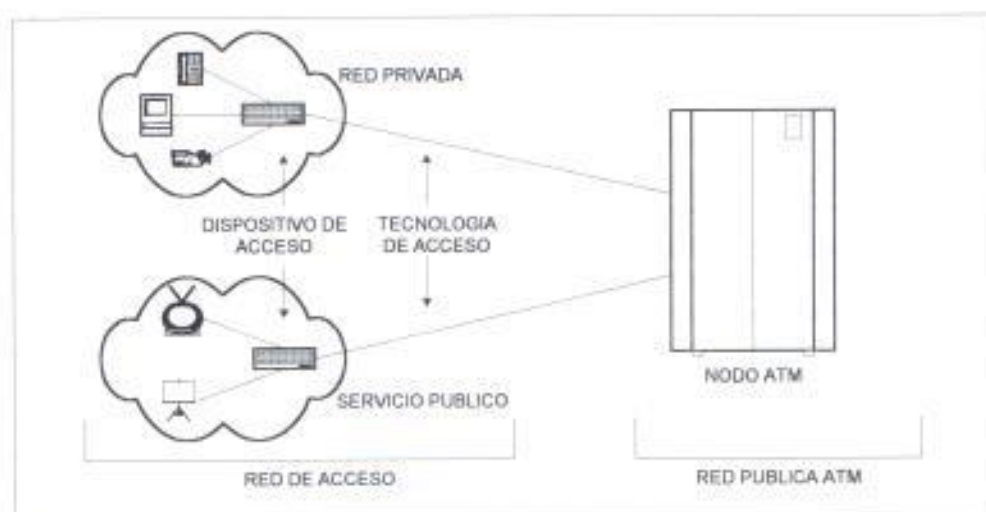


FIG. 5.3.1
RED DE ACCESO A LA RED PUBLICA ATM

El cálculo de la tecnología, y los dispositivos que forman la red de acceso a la red pública ATM, será analizado en subcapítulos subsiguientes pues antes de proceder a su determinación y dimensión física se requiere establecer los diferentes sectores geográficos de Guayaquil en que se requerirá ubicar una red de acceso. La ubicación de la red de acceso se define en base a un análisis de la demanda de tráfico en Guayaquil, definida esta ubicación se analiza tanto la tecnología como los dispositivos de la red de acceso.

5.3.1 ANALISIS DE LA DEMANDA DE TRAFICO EN GUAYAQUIL Y UBICACIÓN DE LA RED DE ACCESO A LA RED PUBLICA ATM.

Siendo el objetivo principal del diseño de la red pública ATM darle capacidad para concentrar el tráfico tanto de voz y datos de áreas estratégicas de Guayaquil, se deberá realizar un análisis

de ubicación y mercado de los actuales servicios analógicos y digitales que se prestan en la ciudad, y así determinar los sectores en donde se concentran la mayoría de estos servicios. El determinar la ubicación de cada uno de estos sectores depende básicamente de la necesidad de cubrir aquellas áreas geográficas que justifiquen la exigencia de contar con un nodo local que pueda atender toda la demanda de tráfico de información que poseen actualmente, y sobre todo de la que requerirán los abonados potenciales de la red ATM en un futuro. Así la decisión para la ubicación y cálculo de la red de acceso a la red pública ATM depende de varias consideraciones como a) los sectores con uso de sistemas de comunicaciones de voz, audio, video; b) los sectores actualmente necesitados de mejoras en las comunicaciones; y c) la demanda que cada sector tiene para justificar una red común. A continuación se analiza cada uno de los parámetros

A.- Consideración de los sectores con uso de sistemas de comunicaciones de voz, datos y video

La existencia actual de sistemas de comunicaciones en Guayaquil está determinada por los sectores a los que sirven y que básicamente usan sistemas punto a punto que se establecen vía radio, microondas, enlaces de cobre dedicados, líneas telefónicas conmutadas. Estos son sectores financieros que necesitan generar, procesar o transferir información económica para procesamiento y control interno o también para permitir transacciones bancarias entre grupos determinados de ellas, como sucede con las redes bancarias de cajeros automáticos. El análisis por servicio y por sector se muestra en la tabla 5.3.1.1.

En estos servicios se consideran enlaces dedicados establecidos entre empresas de diferente índole para la comunicación entre sus oficinas, sus locales o bodegas remotas usando enlaces de tipo inalámbricos; el resto del mercado está integrado por enlaces tipo POTS (Public Office Telephone System) que utilizan las redes conmutadas de PACIFICTEL y

sirven a un sector comercial de puntos de ventas, mercaderías, alimentos, etc.

<i>SERVICIOS</i>	<i>SISTEMA DE COMUNICACION</i>	<i>CARACTERISTICAS</i>
DATOS	ENLACES RADIO, SATELITAL, MICROONDAS OFRECIDOS POR EMPRESAS PRIVADAS DE TELECOMUNICACIONES	Principal medio de transporte de datos e información crítica: financieros, económicos, etc. Usados también para servicios adicionales como TV (tipo cable), busca personas, etc.
	RED TELEFONICA TELEHOLDING (PACIFICTEL)	Red digital. Alternativa a los servicios de medios inalámbricos. Ofrece poca seguridad.
	RED TELEFONICA PACIFICTEL	Red Analógica. Usada para proveer acceso a la Internet y para establecer enlaces de respaldo a la pérdida de enlaces de aire. Muy poco confiable
	RED CELULAR (CDPD), EMPRESA PRIVADA	Utilizados principalmente para cajeros automáticos. Muy caro.
	RED INTERNET, PROVEEDORES PRIVADOS	Utiliza mayoritariamente la red telefónica.
VOZ	RED TELEFONICA PACIFICTEL	Principal medio de transporte para los servicios de voz. Insuficiente número de líneas.
	RED CELULAR	Alternativa paralela a la red telefónica de PACIFICTEL.
	ENLACES RADIO, SATELITE, MICROONDAS,	Como servicio agregado al transporte de datos.
VIDEO	RED TELEVISION POR CABLE, EMPRESA PRIVADA	Broadcast de señales de Televisión analógica.

TABLA 5.3.1.1.
PRINCIPALES SERVICIOS DE COMUNICACIONES DE VOZ, DATOS Y VIDEO.

La comunicación pública, específicamente los servicios de voz, los cubre mayoritariamente la red telefónica de Pacifictel, y en una menor escala las redes telefónicas celulares, aunque ninguna de estas redes solucionan la deficiente estructura telefónica que posee Guayaquil. Así, la red telefónica estatal cubre los mayores sectores de Guayaquil, con la consideración de que los sectores financieros se ubican tradicionalmente en el casco comercial del centro de Guayaquil, y en ciudadelas como Urdesa, Alborada, Kennedy Norte, Centenario, en sectores industriales como Vía a Daule, y diferentes centros comerciales de la ciudad. Siendo estos sectores objetivos definidos para la ubicación de los nodos ATM que se integrarán con fibra óptica y formarán la red pública ATM.

B.- Consideración de los sectores actualmente necesitados de mejoras en las comunicaciones.

Los servicios de comunicaciones actuales se han desarrollado de acuerdo a una estructura de telecomunicaciones muy limitada, que pone a disposición de los distintos abonados servicios muy básicos y en la mayoría de los casos, de mala calidad como es evidente con las redes de Pacifictel y las redes celulares tanto de Bellsouth (antes OTECEL) y Conecel.

En la primera red la carencia de suficientes líneas para cubrir la demanda actual de la población de la ciudad, ha provocado efectos directos en la demanda de líneas celulares sobrepoblando la cantidad de abonados que las redes celulares pueden manejar creando una saturación y por lo tanto una mala calidad del servicio telefónico celular. Agregándose una planificación muy limitada que han tenido los servicios celulares, pues no han estado preparados para convertir este servicio en público, sino más bien orientado al servicio de ciertos sectores económicos:

Con estos inconvenientes técnicos es imposible que surja un crecimiento de servicios de

valor agregado en ambas redes, esta necesidad debe surgir del hecho de encontrar un sistema con capacidad de ofrecer servicios de valor agregado, de poder suplir los servicios inalámbricos que se ofrecen actualmente, y el de poder integrar y mejorar los servicios de redes telefónicas, Internet, TV-Cable, etc. Es evidente que no hay sector en Guayaquil que no requiera mejoras de los sistemas de comunicaciones actuales. En el gráfico 5.3.1.2 se muestra un pastel con referencia a la calidad de servicio de cada una de las 2 operadoras celulares que dan servicio en Guayaquil. En este gráfico el rubro REPONER representa el hecho cuando algún abonado que llama a la operadora celular cierra la llamada antes de recibir una contestación y el circuito es repuesto o habilitado de inmediato por la operadora celular, puede verse que cada operadora tiene diferentes porcentajes de eficiencia.

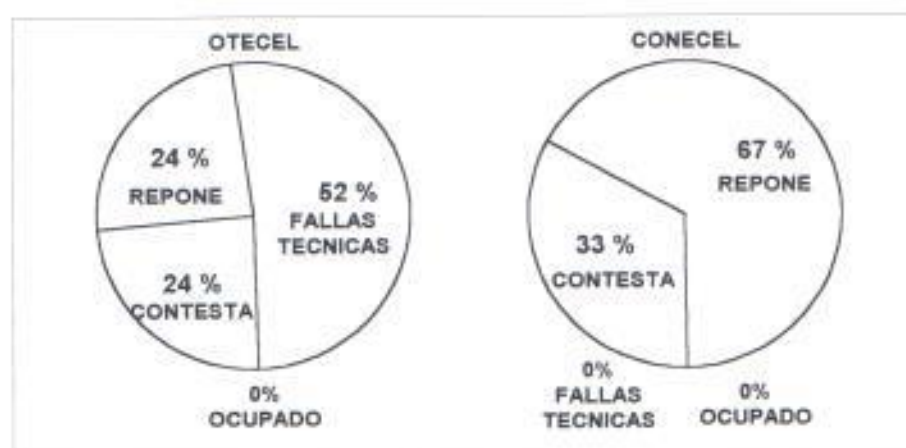


FIG. 5.3.1.2
CALIDAD DE SERVICIO OPERADORA CELULAR AÑO 98
FUENTE: INFORME TECNICO DE EMETEL SUCURSAL SUR,

El gráfico 5.3.1.2 muestra un porcentaje bajo (menor al 33%) de uso de las dos operadoras celulares. Amerita, entonces, elevar este porcentaje de uso que se debe a variables técnicas (Bellsouth, 52%), o hábitos del abonado (Conecel, 67%), según informe de Pacifitel.

C.- Consideración de la demanda que cada sector tiene para justificar la necesidad de un sistema de comunicación común.

La demanda y la justificación para mejorar las comunicaciones actuales están dadas: marcos legales y regulatorios inadecuados, pésimos servicios telefónicos, y sistemas de comunicaciones inferiores a los de cualquier país latinoamericano. Estas limitaciones detienen el proceso natural de desarrollo tecnológico que debería tener Guayaquil, a la par de cualquier ciudad latinoamericana al ofrecer servicios de comunicaciones básicos que no garantizan un respaldo para los grandes volúmenes de tráfico que exigirían, por ejemplo, transferencias de imágenes médicas entre los principales hospitales de Guayaquil, sean con fines de negocios o académicos. Un esfuerzo por mejorar la estructura de comunicación del País y, por lo tanto, de Guayaquil es el proceso de privatización que está sufriendo la antigua empresa estatal EMETEL, hoy escindida en 2 empresas Pacifictel y Andinatel.

Decidir finalmente cuáles serán los sectores estratégicos de Guayaquil que formarán la red de acceso a la red pública ATM dependerá de la demanda total de tráfico que posee cada sector; esta demanda depende directamente de la variedad de servicios que son prestados, sea a través de las empresas privadas o estatales de telecomunicaciones, y que varían según la necesidad de transmitir datos o voz. Resulta fundamental, por lo tanto, recolectar datos estadísticos que se refieran a las exigencias actuales de tráfico, y posibles crecimientos futuros de los diferentes servicios que se prestan en Guayaquil, representados en la Tabla 5.3.1.1.

5.3.1.1 DEMANDA DE LOS SERVICIOS DE DATOS.

En esta sección se analizará la demanda inicial que representaría para la red pública ATM, los actuales servicios que se ofrecen en Guayaquil. Se establecerá, en base a tal demanda, cuál sería el diseño más adecuado para ingresar a la red ATM cada uno de los servicios, considerando la viabilidad de la migración a un diseño central y superior en tecnología.

5.3.1.1.1 ENLACES INALAMBRICOS. Son aquellos enlaces de radio, microondas digitales o analógicos, ofrecidos por empresas privadas de comunicaciones. En su mayoría estos enlaces se encuentran al servicio de empresas bancarias y financieras, cuyos enlaces varían en capacidad entre los 19.2 kbps y los 128 kbps, suficientes para cubrir la demanda actual en transferencia de información. Según datos obtenidos de empresas de telecomunicaciones un enlace de 256 kbps es suficiente para cubrir las exigencias actuales de comunicación analógica. La integración de enlaces de este tipo a una red digital tendría que considerar el establecimiento de canales adicionales de voz, así se establecerían 4 canales de voz de 64 Kbps, y un canal de datos de 768 Kbps, con lo que se obtendría un canal de 1024 Kbps. El cuadro 5.3.1.1.1 muestra tales valores.

AREA O SECTOR DE GUAYAQUIL	TIPO DE SECTOR	CANTIDAD DE ENLACES (CAPACIDAD DE 1MBITS/S)
ALBORADA	Financiero, Comercial	20
CENTRAL BOYACA DE PACIFICTEL	Financiero, Comercial	11
OESTE SECTOR FEBRES CORDERO	Comercial	6
KENNEDY NORTE	Financiero, Comercial	11
CENTRAL CENTRO DE PACIFICTEL	Financiero, Comercial	35
SECTOR HOTEL ORO VERDE	Financiero, Comercial	14
CENTRAL SUR DE PACIFICTEL	Financiero, Comercial	11
CENTRAL GUASMO DE PACIFICTEL	Comercial	6
CENTRAL PORTETE DE PACIFICTEL	Comercial	7
CENTRAL URDESA	Financiero, Comercial	21
MAPASINGUE	Comercial	4
TERMINAL TERRESTRE	Financiero, Comercial	5
PUERTO MARITIMO	Financiero, Comercial	8
CENTRAL NORTE DE PACIFICTEL	Financiero, Comercial	5
CENTRAL CEIBOS DE PACIFICTEL	Comercial	6

TABLA 5.3.1.1.1
ENLACES PROVISTOS POR EMPRESAS PRIVADAS DE
TELECOMUNICACIONES EN GUAYAQUIL.
FUENTE: EMPRESAS PRIVADAS DE TELECOMUNICACIONES, 1998

Las estadísticas mostradas en la tabla 5.3.1.1.1.1 hacen mención de aquellos enlaces tanto para los sectores bancarios, financieros, productivos como fábricas, industrias y el sector de la construcción. De estos sectores, los que están en un continuo crecimiento de sus sistemas de telecomunicaciones son aquellos sectores financieros, bancarios y económicos; que constituyen los sectores con mayor demanda de enlaces, y establecerían una red básica que fácilmente permitiría una expansión a zonas cercanas que no se consideran en el diseño original de la red pública ATM debido a que el tráfico de datos que poseen no lo amerita. Así, los sectores seleccionados como posibles puntos de instalación de módulos ATM se muestran en la tabla 5.3.1.1.1.2.

ALBORADA	CENTRO	BOYACA	CEIBOS
NORTE	FEBRES CORDERO	SUR	KENNEDY NORTE
URDESA	PTO. MARITIMO	OESTE	ORO VERDE

TABLA 5.3.1.1.1.2.

POSIBLES PUNTOS DE INSTALACION DE LOS NODOS ATM.

5.3.1.1.2 RED TELEFONICA DE PACIFICTEL. Se usa básicamente para lograr un acceso remoto a redes privadas, servicios bancarios, acceso a Internet, o como respaldo para enlaces de tipo inalámbricos; su demanda en el mercado está cubierta en el análisis de los enlaces de voz que se realiza en la sección 5.3.1.2.

5.3.1.1.3 RED DIGITAL DE TELEHOLDING. Establece enlaces de 2 Mbps hacia la red digital de Pacifictel, pero los distribuye como enlaces de Nx64 Kbps hacia los pocos abonados que solicitan este servicio. La tabla 5.3.1.1.3.1 muestra la distribución en los diferentes sectores de Guayaquil de los

equipos Newbridge, a través de los cuales se da el servicio; el crecimiento que puede tener este servicio es incierto en vista de la poca demanda que ha tenido en el mercado financiero o industrial, debido sobre todo a las serias dificultades encontradas al momento de resolver problemas en sus enlaces de fibra óptica.

Otro factor que influye contra el crecimiento del número de enlaces de fibra de Teleholding, es la existencia de enlaces de radio digital e incluso Vsats, que se ofrecen a través de empresas privadas de telecomunicaciones. Estos enlaces son ofrecidos al mismo sector del mercado que atiende Teleholding, de manera que no se consideran crecimientos en este tipo de servicio para cálculos de la demanda total en el diseño de la Red Pública ATM.

RED NEWBRIDGE EN GUAYAQUIL	RED NEWBRIDGE CONSIDERADA EN EL PROYECTO	ENLACES EXISTENTES 128 KBPS
CENTRAL NORTE	SI	3
CENTRAL CENTRO	SI	5
CENTRAL ALBORADA	SI	1
CENTRAL SUR	SI	1
CENTRAL DURAN	NO	--

TABLA 5.3.1.1.3.1
RED NEWBRIDGE DE TELEHOLDING
FUENTE: TELEHOLDING. 1998.

Si bien la demanda por pequeña que este servicio tenga en Guayaquil, en la estructura de comunicación actual existe, y puede ser fácilmente absorbida por enlaces de tipo digital cuyo cálculo se realizó en el análisis de servicios de tipo inalámbrico.

5.3.1.1.4. RED CDPD BISMARCK. Opera con una proyección de mercadeo dirigida a atender puntos alternativos de servicios varios como comisariatos, o estaciones de gasolina. Dentro del perímetro considerado que cubrirá la red pública ATM se tiene el servicio de 15 cajeros automáticos de 2 bancos privados de Guayaquil, y que no se vislumbran como variable clave en el cálculo de la demanda total para la red ATM. Aunque existía un proyecto financiado de 2 bancos privados para instalar una población de 470 cajeros automáticos para la red de cajeros que establecía 100 cajeros para Guayaquil pero que por motivos financieros está totalmente detenido.

En la tabla 5.3.1.1.4.1 se muestra la población actual de cajeros automáticos en Guayaquil que utilizando tecnología CDPD se encuentran dentro del área a cubrir por la red pública ATM.

NUMERO DE ENLACES CDPD	TASA DE TRANSMISION DE CADA ENLACE
15	128 Kbps

TABLA 5.3.1.1.4.1
ENLACES CDPD EN GUAYAQUIL
FUENTE: PROVEEDOR DE ENLACES CDPD

Un análisis paralelo al de los servicios CDPD y Teleholding incluye los enlaces que posee la red privada de cajeros automáticos, sin embargo, éstos utilizan los servicios ofrecidos por la red telefónica de Pacifictel, los enlaces digitales de Teleholding, y los enlaces CDPD, por tal motivo su demanda actual en tasa de transmisión se cubre en los análisis particulares de esos 3

tipos de servicios.

5.3.1.1.5. RED INTERNET. La demanda o el crecimiento de este sector lo cubre el análisis que se realiza sobre los enlaces telefónicos de Pacifictel, o sobre los enlaces inalámbricos de empresas privadas de telecomunicaciones.

5.3.1.2 DEMANDA DE LOS SERVICIOS DE VOZ.

El análisis de los servicios de voz que se ofrecen a través de la red celular y de enlaces de radio, satélite y microondas recibirán en esta sección el mismo tratamiento que se le da a la transmisión de datos por estos medios, por lo cual no se realiza un análisis por separado con excepción de la red telefónica de Pacifictel, cuyo análisis será analizado en esta sección como se mencionó en subcapítulos anteriores, sección 5.3.1.1.

En lo relativo al análisis de la red celular para la transmisión de voz, este análisis no se considera al ser básicamente un servicio dependiente de las centrales de Pacifictel, y más bien se considera como un diseño posterior el integrar servicios celulares remotos a la red pública ATM, es decir sirviendo como un backbone también para la telefonía celular.

5.3.1.2.1. RED TELEFONICA DE PACIFICTEL. Representa la mayor estructura de comunicaciones para servicios de voz en Guayaquil, en base a dos tipos de centrales digitales como son la red digital de las centrales Ericsson, y la de las centrales Alcatel. La capacidad total de líneas que cada una de las centrales posee se muestra en las tablas 5.3.1.2.1.1 y 5.3.1.2.1.2.

La estructura de comunicación que posee esta red consta de fibra óptica para los enlaces entre diferentes centrales telefónicas, desde donde se distribuye, a través de su planta externa, el 100% del tráfico de voz. La planta externa se basa en acometidas de cobre, y representa el gran problema de la red telefónica pues es donde se degrada totalmente el servicio telefónico.

Definidos los sectores que manejan la mayor cantidad de tráfico en Guayaquil, y la mayor capacidad de tráfico por cada área de servicio que se presta en esta ciudad, se puede establecer un proyecto inicial que involucre áreas geográficas con más necesidad de integración a la red pública común, tomando siempre como referencia la ubicación de las centrales de Pacifictel, por ser puntos de interconexión de mayor cantidad de tráfico para la red pública ATM. Los sectores geográficos de Guayaquil que se considera requieren un nodo ATM, ya sea por la demanda de abonados y la ubicación financiera que poseen, se muestran en la tabla 5.3.1.2.1.3.

Considerando que la red de acceso a la red ATM atravesará las principales áreas de comunicación de Guayaquil, y no necesariamente incorporará a todas ellas, se seleccionan áreas que ocupan un lugar estratégico y que representen fáciles puntos de expansión hacia áreas no consideradas en el diseño inicial del proyecto ATM. Así, se seleccionan zonas como Oeste, Ceibos, Norte, que están ubicadas estratégicamente en la geografía de Guayaquil, y zonas como Boyaca, Centro, Urdesa, sector hotel Oro Verde, que tienen los mayores movimientos financieros de la ciudad; así, áreas como Portete, Guasmo no se consideran en este diseño debido sobre todo a

que son zonas que fácilmente son cubiertas por una futura expansión del proyecto, y sobre todo el movimiento financiero y tecnológico que poseen no justifica actualmente la existencia de nodos ATM de la red pública, pues no tienen un crecimiento agresivo en el número de los enlaces según datos mostrados en la tabla 5.3.1.2.1.4, debido sobre todo a que el servicio que se presta en estas áreas es básicamente de telefonía pública.

En base a las consideraciones de demanda y de distribución geográfica, las centrales de Pacifictel que son consideradas para integrarlas al backbone de la red ATM se muestran en la tabla 5.3.1.2.1.5.

El cálculo de la demanda de tráfico de voz por parte de Pacifictel existe, y es manejado a través de los diferentes enlaces PDH que unen sus diferentes centrales telefónicas, de tal manera que es posible mediante la red pública ATM ofrecer una ruta paralela, o redundante, a estos enlaces PDH. Esta ruta paralela es posible establecerla con ayuda de equipos de transmisión, que conectados a las centrales de Pacifictel, encausarían todo el tráfico hacia los diferentes nodos ATM de la red pública. La alternativa a los enlaces PDH serían enlaces tipo SDH, los cuales al ingresar a los módulos ATM podrían formar una configuración de anillo que conectaría cada uno de los nodos de transmisión SDH.

<i>CENTRAL TELEFONICA</i>	<i>CAPACIDAD INSTALADA (número de líneas)</i>
ALBORADA 2	37.152
BELLAVISTA	14.000
CENTRO 3 CHONGON (Centro 3)	34.048 256
Total	34.304
DURAN	18.000
NORTE 2	31.696
KENN. NORTE (Norte 2)	2.000
TERM. TERR. (Norte 2)	1.000
Total	34.696
OESTE 4	22.144
SUR 3	30.000
LOS CEIBOS	5.104
MAPASINGUE	18.800
POLITECNICA (Mapasin.)	1.000
LAGO CAPEIRA (Mapasin.)	1.000
Total	20.800
TOTAL AXE-10	216.200

TABLA 5.3.1.2.1.1
CAPACIDAD DE LINEAS DE CENTRAL AXE-10 EN GUAYAQUIL
TOMADO DE: INFORME TECNICO DE PACIFICTEL SUCURSAL
SUR, III TRIMESTRE AÑO 97

<i>CENTRAL TELEFONICA</i>	<i>CAPACIDAD INSTALADA (número de líneas)</i>
BOYACA 3	34.800
CERRO AZUL	5.000
COLINAS CEIBOS	5.000
FEBRES CORDERO 2	10.000
GUASMO 2	26.984
GUAYACANES	10.000
LA PUNTILLA	7.304
LOS CISNES	11.400
OESTE 3	6.000
PASCUALES	10.000
PORTETE 2	18.144
PRIMAVERA	7.048
PUERTO NUEVO	10.000
SAMANES	5.000
URDESA 2	10.000
KENNEDY NORTE 2	15.000
TORRES DEL NORTE	1.700
Total	26.708
TOTAL E10B	193.380

TABLA 5.3.1.2.1.2

CAPACIDAD DE LINEAS DE CENTRAL E10B EN GUAYAQUIL

FUENTE: INFORME TECNICO DE PACIFICTEL SUCURSAL SUR,
III TRIMESTRE AÑO 97

Pacifictel tiene ya en operación equipos de transmisión SDH, los cuales sirven a algunas de las centrales que posee en la ciudad, pero no son aprovechadas en toda su capacidad. Brindar esta posibilidad, la de poder unir sus centrales con SDH, es uno de los objetivos principales de la Red Pública ATM. El establecer estos enlaces SDH brindaría la oportunidad a Pacifictel de poder variar y ampliar los servicios que presta, pues podría disponer de una red digital, la Red Pública ATM, que le permitiría ser el centro de transmisión de servicios variados, no solo de voz, sino también de diferentes fuentes de datos.

Las mejoras que se podrían alcanzar estarían ubicando a Pacifictel como una de aquellas empresas de telecomunicaciones con una red digital de la tecnología más avanzada de que se dispone actualmente en el mundo. Los alcances que tendrían los servicios que brinde Pacifictel serán seguramente los mismos que prometerán ofrecer al País aquellas transnacionales de telecomunicaciones interesadas e involucradas en el dilatado proceso de modernización de la aún empresa estatal.

Según objetivos delineados en el proceso de modernización de Pacifictel, detallados en el capítulo 2 de este trabajo, el crecimiento calculado en el ancho de banda que Pacifictel tendrá en 5 años será de 40%, según se muestra en la tabla 5.3.1.2.1.3.

En base a los análisis anteriores realizados para los diferentes tipos de servicios como internet, Teleholding, etc., (tablas 5.3.1.1.1.1; 5.3.1.1.2.4; 5.3.1.1.5; 5.3.1.1.6; y 5.3.1.2.2) se logra

determinar aquellos sectores con más demanda de tráfico en Guayaquil. La figura 5.3.1.2.3 muestra aquellos sectores considerados de mayor demanda para la red pública ATM. Así, por ejemplo, el nodo Alborada posee un tráfico superior a 400 MB que representa mayoritariamente el tráfico generado por los servicios de Pacifictel.

CENTRAL PACIFICTEL	RED PUBLICA ATM TASA TRANSMISION ASIGNADA (MBPS)	RED PUBLICA ATM CRECIMIENTO 40% TASA TRANS. (MBPS)
ALBORADA	292	410
BELLAVISTA	110	154
BOYACA	272	381
CEIBOS	40	56
CENTRO	268	376
FEBRES CORDERO	80	112
OESTE	218	306
KENNEDY NORTE	134	188
SUR	234	332
NORTE	291	407
URDESA	79	110

TABLA 5.3.1.2.1.3
DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE PACIFICTEL EN LA RED PUBLICA ATM



FIG. 5.3.1.2.1.4
TRAFICO POR ZONAS EN GUAYAQUIL

Analizando el gráfico 5.3.1.2.1.4 se descarta el tráfico proveniente de Puerto Marítimo; con lo que se establecen los puntos en donde se ubicarán de manera definitiva los nodos ATM. Los sectores seleccionados tendrán los nodos ATM que conformarán el backbone de la red pública ATM; estos se muestran en el gráfico 5.3.1.2.1.5.

UBICACION DE LOS NODOS DE ACCESO A LA RED PUBLICA ATM	
ALBORADA	BELLAVISTA
BOYACA	CEIBOS
CENTRO	FEBRES CORDERO
OESTE	KENNEDY NORTE
URDESA	NORTE
ORO VERDE	SUR
TOTAL DE NODOS EN GUAYAQUIL : 12	

TABLA 5.3.1.2.1.5
UBICACION DE LOS NODOS DE ACCESO A RED PUBLICA ATM

5.3.1.3 DEMANDA DE LOS SERVICIOS DE VIDEO

En este análisis se considera la red de televisión por cable debido a su capacidad para potencial transmisión de datos a nivel digital.

5.3.1.3.1 RED TELEVISION POR CABLE. Utilizada en su totalidad para el envío de señales de televisión, tiene aproximadamente una planta de 80000 abonados; llevando una cantidad de 68 canales hasta los 75 nodos de distribución que posee (Alborada, Urdesa, Kennedy Norte, sector Centro, sector Oeste, etc.), para lo cual utiliza un ancho de banda comprendido entre

50 Mhz y 750 Mhz, que le permiten una cobertura inicial de 68 canales. El diagrama de frecuencia espectral de los canales de televisión analógicos y digitales, se muestra en el gráfico 5.3.1.3.1.1.

Considerando que el sistema de televisión por cable corresponde a una red híbrida fibra-coaxial, el tendido de fibra óptica parte desde la cabecera, o centro de distribución hasta un nodo óptico, que es la interface entre el cable de fibra óptica y el cable coaxial, para distribuirse hacia los diferentes abonados de que dispone. Necesariamente el centro de distribución de las señales de TV, o cabecera, se nutre de dos tipos de señales. La primera, que resulta ser la razón de la existencia de televisión pagada en nuestro medio, es aquella señal digital proveniente de las emisoras de televisión extranjera; y la segunda, es la señal analógica proveniente de los canales de difusión pública que existen en nuestro medio.

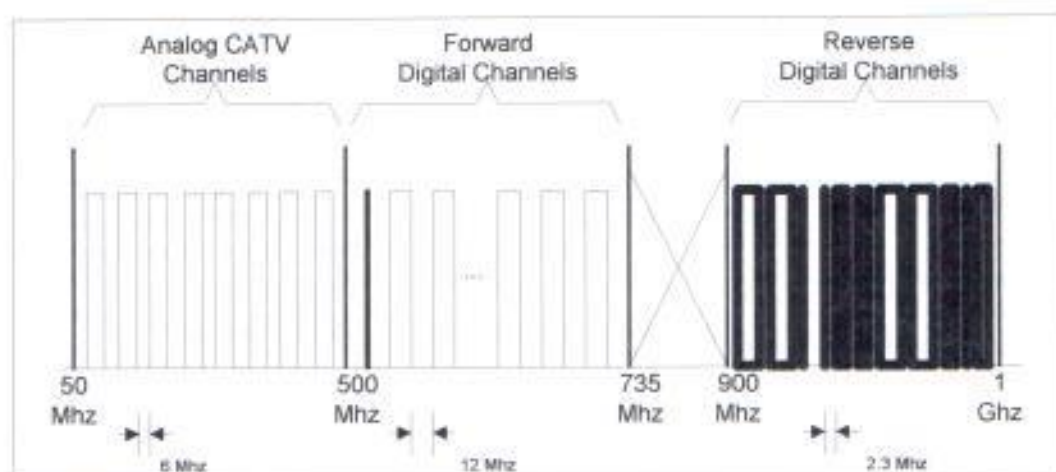


FIG. 5.3.1.3.1.1

DIAGRAMA DE FRECUENCIA ESPECTRAL DE CANALES DE TELEVISION

FUENTE: ATM in Cable Television Networks, Michael Adams, Time Warner Cable

Las señales, analógicas y digitales, son moduladas a conveniencia y luego

son combinadas de manera que puedan ser difundidas sobre una canal analógico hasta llegar a los nodos que finalmente entregarán la señal de TV a través de cable coaxial.

El potencial diseño para ingresar el servicio de TV a la red pública ATM considera el uso de un concentrador múltiple SONET que manejará las señales STS-1 (51.84 Mbps) que le lleguen desde estudios de TV o a través de señales de radio frecuencia a la cabecera formando señales a razón de STS-12 (622 Mbps), este tipo de señal se distribuirá hacia los diferentes nodos ATM, de manera que pueda servir a las distintas áreas de suscriptores. Los nodos ATM entregarán la señal STS-12 a los nodos ONI²¹, en donde se separan los canales para ser convertidos a formato analógico NTSC, y modulados para transmisión sobre el cable coaxial que llegará a todos los suscriptores. Este esquema se muestra en la fig. 5.3.1.3.1.2.



FIG. 5.3.1.3.1.2
DISEÑO DE RED DE TV POR CABLE USANDO SEÑALES STS-N

Considerando que la cantidad de canales que se transmiten actualmente es de 68, y que la transmisión, mediante difusión, de un canal de televisión de señal NTSC requiere un gran ancho de banda, esto es 45 Mbps, se necesita

²¹ ONI: Nodo óptico utilizado para convertir señales ópticas a señales de frecuencia amplia.

entonces la asignación de cerca de 3 Gbps (68 canales a 45Mbps, tendremos 3060 Mbps), que deberán llegar hasta cada una de las zonas en donde se distribuya el servicio de televisión por cable.

Como puede apreciarse, el diseño basado en tecnología ATM demanda una altísima cantidad de recursos y cambios completos en la actual estructura del hardware del sistema de TV Cable; por estas razones consideramos que este diseño es totalmente impráctico. Sin embargo, se lo ha analizado en el desarrollo de esta Tesis ya que de este se obtienen las bases que se necesitan para implantar, en diseños subsiguientes, un sistema de televisión por cable totalmente interactivo, multimedia y digital.

El cálculo de la capacidad de los puertos requeridos en cada nodo ATM para atender la demanda de TV se muestra en la tabla 5.3.1.3.1.3, aquí se considera la ubicación de la cabecera del sistema cercana al nodo ATM que se encuentra en la Alborada.

DISTRIBUCION DE TV DIGITAL	BROADCAST DIGITAL (MBPS)	PUERTO REQUERIDO EN NODO ATM
Nodo de entrada Alborada 68 canales por nodo	45	3000 Mbps
Nodo de salida 68 canales por nodo	45	3000 Mbps

TABLA 5.3.1.3.1.3
DEMANDA DE LA TRANSMISION DIGITAL DE TELEVISION POR CABLE EN CADA NODO ATM. 1999.

5.3.2 TIPOS DE ACCESO DISPONIBLES EN LA RED

El análisis del tráfico y de su origen establece la tecnología a aplicar para el acceso a la red pública ATM; este análisis es viable en cuanto a los servicios y redes existentes actualmente en la ciudad, pero entra también en el análisis global el estimar el tráfico proveniente de nuevas fuentes como lo puede ser la misma red de televisión por cable al agregar diferentes y nuevos servicios en su red.

Para el análisis del tráfico proveniente de los abonados, se tendrá que unificar las unidades de medición del cálculo del tráfico sobre la base de bits por segundo; estimado el tráfico, se debe seleccionar la tecnología a aplicar para el acceso a la red pública ATM. La selección de una tecnología depende de su capacidad para manejar tráfico diferente como datos, voz o video en la red de acceso LAN - WAN.

El análisis de la red de acceso o de los dispositivos necesarios en ella se basa en la demanda que poseen los servicios y redes que operan actualmente en Guayaquil, y las proyecciones que tendrán en un lapso de 5 años. Justamente, limitaciones de las tecnologías de las aplicaciones y servicios proyectados, son las que motivan el ofrecer una red pública con una tecnología superior, por lo que el cálculo de proyecciones no deja de ser limitado en alcance. De manera básica se parte de servicios o tecnologías limitadas en diversidad de tráfico, de manera que una proyección adicional que debe realizarse en el cálculo de tráfico que tendría la red pública ATM es integrar o considerar nuevas aplicaciones, servicios o redes que pueden manejarse a través del backbone de la red ATM.

Analizando en forma más puntual la infraestructura de comunicación actual de Guayaquil, se tiene en forma mayoritaria sistemas TDM, muchos de los cuales no pasan de los 256 Kbps de ancho de banda, se poseen también redes remotas que hacen uso de modems short-hault cuya

capacidad de transferencia puede llegar hasta los 2 Mbps según la distancia. Estos sistemas que usualmente se utilizan para transportar canales de voz digitalizados hacen uso de un medio de transporte con un ancho de banda constante, debido sobre todo al tipo de tráfico que transporta, esta característica se impone al requerir ingresar el sistema TDM a la red pública ATM, por lo que el trato que debe dársele es el de CBR (constant bit rate), con lo que harán uso de servicios de emulación de circuito (CES) que ATM asigna para manejar tráfico que requiere siempre un ancho de banda garantizado y mínimo retardo, en esta categoría entra también el tráfico de video.

Un caso aparte lo constituye el sistema telefónico de Pacifictel, pues actualmente existen varios conmutadores especiales de la compañía Alcatel que establecen servicio de transmisión para las centrales de tecnología STM-N, garantizando de tal manera la conmutación a nivel de celdas ATM en la red pública, de manera que es posible la integración de las centrales públicas de Pacifictel a una red pública ATM que esté en condiciones de aceptar tecnología STM-N.

Es notorio que no existe en la actualidad en la ciudad de Guayaquil tráfico puro de celdas ATM a nivel de interconexión de redes WAN; el tráfico de celdas ATM que existe es a nivel de redes de área local y hacen uso del servicio de ELAN (LAN Emulation). Esto no significa que tal servicio no pueda darse en Guayaquil, sino que no existe una red que brinde estas facilidades, las mismas que son descritas en este proyecto.

Según el tipo de tráfico y la tasa de transmisión requerida para determinado servicio, existen varias tecnologías que se recomiendan para ofrecer en la red pública ATM. Estas tecnologías se detallan en la tabla 5.3.2.1.

TIPO DE TRAFICO	ANCHO DE BANDA—TIPO DE TRAFICO (MBPS)	VELOCIDAD DE ACCESO REQUERIDA	FACILIDAD ATM DESARROLLADA	OBSERVACION
Voz	≤ 1.5	T1 (PRI), FT1	CES, EMUL. CIRC	ATM desarrolló CES para manejar voz a tasas menores a E1 o T1
Voz + dato	≤ 1.5	T1 (PRI), FT1	CES, EMUL. CIRC	
Dato	≤ 1.5	T1	ELAN	ATM simula red local con ELAN
Dato	≤ 2	E1	ELAN	
Dato	$> 2 \leq 34$	E3	celdas ATM	Tráfico puro ATM
Dato	$> 1.5 \leq 45$	FT1-T3	celdas ATM	
Voz + dato	> 1.5	FT1-T3-FT3-OC3	celdas ATM	
Voz+dato+video	$> 1.5 \leq 155$	FT1-T3-FT3-OC3	celdas ATM	
Voz+dato+video	> 155	OC12; OC-48	celdas ATM	

TABLA 5.3.2.1

TECNOLOGIAS DE ACCESO PARA DIFERENTES TASAS DE TRANSMISION

La tabla 5.3.2.1 se aplica específicamente para el tipo de tráfico y ancho de banda detallado, se trata sobre todo para tecnologías y servicios existentes en Guayaquil. Es así, por ejemplo, que para servicios como voz la tecnología de acceso apropiada a la red pública ATM es emulación de circuito (CES); debido sobre todo a que el servicio CES, al establecer un canal directo entre origen y el destino de los sistemas de voz, no introduce retardo alguno o tiempo de proceso en los nodos ATM que vayan a disminuir la calidad de voz. Actualmente el Forum ATM no tiene una mejor propuesta para manejar los servicios de voz de manera directa.

5.3.3 DISPOSITIVOS DE ACCESO USUARIO-RED PUBLICA ATM

Cada tipo de acceso requerido para ingresar a la red pública ATM exige su contraparte en cuanto a los equipos de comunicación que se requieren para manejar o brindar dicho servicio o acceso, se realizará por lo tanto un análisis de cada servicio de comunicación y de la infraestructura requerida para cada tipo de servicio.

5.3.3.1 SERVICIOS INALAMBRICOS.

El análisis inicial de este servicio, subcapítulo 5.3.1.1, estableció un tráfico particular de

datos y voz con una demanda calculada en 1Mbps para los 2 tipos de tráfico, resultando conservador tanto en el tipo como en la cantidad de tráfico. Analizando con detalle los enlaces existentes en el mercado, tabla 5.3.1.1.4, encontramos sistemas TDM al servicio del transporte de canales de datos y muy pocos canales de voz, típicamente 1 o 2. Así, los canales de datos proveniente de varias fuentes son a su vez combinados con canales de voz para ocupar el ancho de banda total del enlace; y obteniendo, así, siempre un enlace dedicado en estos tipos de sistemas TDM.

Actualmente en vista de la necesidad de integrar el tráfico generado en oficinas remotas a la red central de cualquier empresa, se incorpora un ruteador; este ruteador se encarga de realizar esta integración a nivel de datos. Si bien los canales de voz siguen siendo transportados tradicionalmente, con tarjetas de voz que se añaden en los multiplexores.

En la fig. 5.3.3.1.1 se muestran 2 alternativas para integrar un sistema TDM tradicional a una red ATM. En la primer alternativa se considera la integración a través de un enlace E-1, que mantiene la integración a nivel de datos. En la segunda alternativa se considera el uso de un nodo ATM en la red del usuario.

Analizando con más detalle las alternativas de migración de la fig. 5.3.3.1.1, tenemos que la primera alternativa, el sistema TDM, cuyo puerto de salida es el puerto principal del multiplexador al entregar un tipo de tráfico reducido y constante exige que el tráfico sea tratado como CBR para efecto de ingresarlo a una red ATM, y así poder brindar un ancho de banda constante como el que le brindan los servicios de radio punto a punto. Con esta premisa será necesario disponer de un puerto que proporcione emulación de circuito en el switch ATM; este puerto manejará la integración del sistema TDM que se

atiende. Tal como se muestra en el gráfico 5.3.3.1.2.

La conexión física del dispositivo TDM al nodo público ATM dependerá del estándar de señalización a emplear para dicha conexión, siendo los estándares más conocidos V.35, X.21, EIA/TIA 449. Es así que si el puerto principal del multiplexor posee un estándar EIA/TIA 449 y el puerto CBR del switch ATM acepta señalización V.35, se debe disponer del cable de transición adecuado para realizar la conversión de EIA/TIA 449 a V.35. Esta integración se realiza sobre la base del estándar de emulación de circuito definido hasta el momento como lo es T1-E1 y T3-E3, en nuestro caso T1 permite manejar satisfactoriamente la capacidad del enlace que poseen los sistemas TDM que operan en la ciudad al brindar un canal de 1.544 Mbps, suficientes para manejar necesidades de transporte de datos y voz de un sistema TDM.

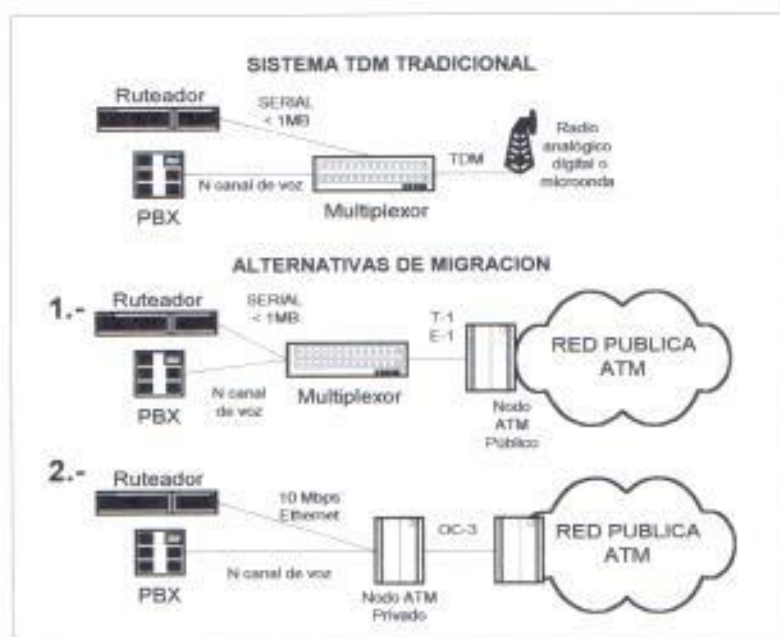


FIG. 5.3.3.1.1
ALTERNATIVAS DE MIGRACION DE UN SISTEMA RF A LA
RED PUBLICA ATM

Debe entenderse que el diseño que se describió se basa en la condición principal de brindar una alternativa de comunicación común a los sistemas TDM, sin necesidad de cambiar la infraestructura técnica empleada actualmente, partiendo de este esquema básico, se puede migrar de a poco el sistema TDM tradicional, hasta llegar a una integración completa a la red pública utilizando celdas ATM.

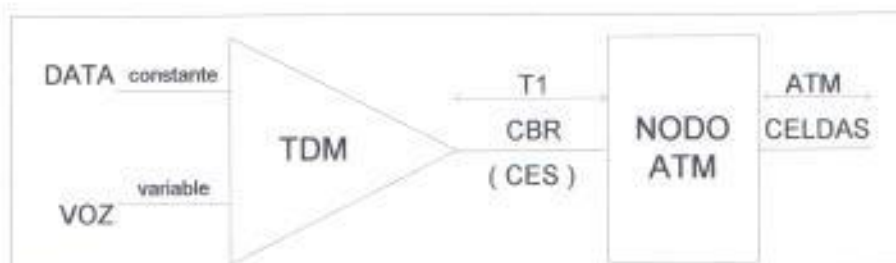


FIG. 5.3.3.1.2
INTEGRACION DE UN SISTEMA TDM A LA RED PUBLICA ATM

Una segunda alternativa, o necesidad es integrar una red empresarial remota, la cual posee muchas más fuentes y variedad de datos que un típico sistema TDM como el analizado en el diseño anterior. Esta red empresarial poseería tráfico Lan ruteable y no ruteable, acceso a base de datos centralizadas, transporte de documentos, archivos, voz, etc.; justificando la necesidad de integrar todo su tráfico en tiempo real con la red de su oficina central. Este esquema se muestra en el gráfico 5.3.3.1.3.



FIG. 5.3.3.1.3
DIAGRAMA DE INTEGRACION DE RED EMPRESARIAL A LA RED PUBLICA ATM

El esquema 5.3.3.1.3 muestra diferentes tipos de tráfico (constante y variable) que pueden darse en una red privada que está en posibilidad de integrarse a través de un switch privado ATM a la red pública ATM. Este switch privado manejará todo el tráfico interno de la red privada que estaría formado por fuentes de datos de naturaleza variable y constante, VBR y CBR respectivamente. Así, la conexión para CBR se maneja bajo condiciones ya especificadas de emulación de circuito, y cuya interfase física consta de puertos seriales con estándares sincrónicos (V.35, RS449, etc.).

En cuanto a las fuentes de datos VBR estas pueden ser paquetes de ruteadores, celdas, que se ingresaran al switch privado para luego convertirlas en celdas ATM adecuadas, e ingresarlas a los puertos de los nodos públicos. La existencia de redes empresariales justifica la posibilidad de tener switches ATM en dichas instalaciones con lo que se abrirían nuevas alternativas de transmisión para los servicios, y sobre todo agregar servicios como video conferencia digitales, transmisión de imágenes en línea. Un esquema que puede servir como modelo para este tipo de conexión se muestra en la figura 5.3.3.1.4.

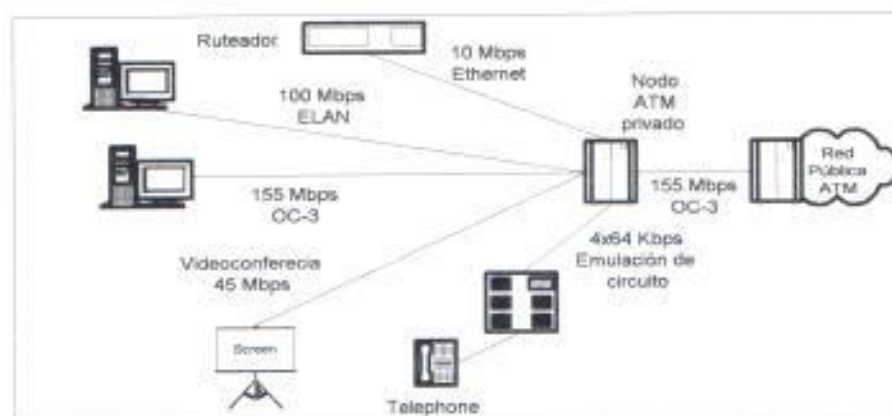


FIG. 5.3.3.1.4
INTEGRACION DE RED EMPRESARIAL A LA RED PUBLICA ATM

En el esquema mostrado se considera 2 tipos de tráfico: datos y voz, siendo el ruteador el que maneja el transporte de datos desde la red de la oficina remota hacia la red ATM a través de configuraciones adecuadas en el módulo ATM privado. El otro tipo de tráfico, es decir voz, será tratado como una fuente constante de tráfico por lo que deberá dársele el trato de CBR que ofrece el servicio de emulación de circuito (CES) que brinda ATM como alternativa para manejar este tipo de tráfico.

De esta manera, el nodo ATM privado podrá manejar todas las variedades de tráfico existente en la red privada y realizar la conversión requerida de paquetes de red a celdas ATM cuando sea necesario, y también el de brindar los servicios adecuados para tratar voz, de forma tal que el tráfico de salida del nodo ATM será enteramente de celdas ATM, las cuales entrarán al switch ATM público para luego ser ruteadas hasta el switch ATM privado destino. En las dos configuraciones descritas se establece emulación de circuito para los enlaces de voz, pues actualmente son las únicas facilidades telefónicas que habilitan el transporte de voz a través de ATM utilizando E1 o T1; cualquier otra facilidad para transportar voz no constituye un estándar aún y se convierte en la mayor limitante, que posee en la actualidad ATM, para manejar voz.

Como parte final de este diseño se debe considerar que las 2 alternativas de integración de una red privada remota a una red pública ATM exigen tener el mismo tipo de conexión física, y equipos similares en la red central del abonado. Para la conexión a través de los nodos ATM, la selección de las interfaces se realiza en base a que la integración debe hacerse utilizando celdas ATM y con una tasa de transmisión que maneje el tráfico proveniente de la red central. La interface óptica OC-3 (155 Mbps) permite este tipo de integración, por lo que resulta útil su uso en el esquema que se ha

considerado. El gráfico 5.3.3.1.5 muestra tal configuración:

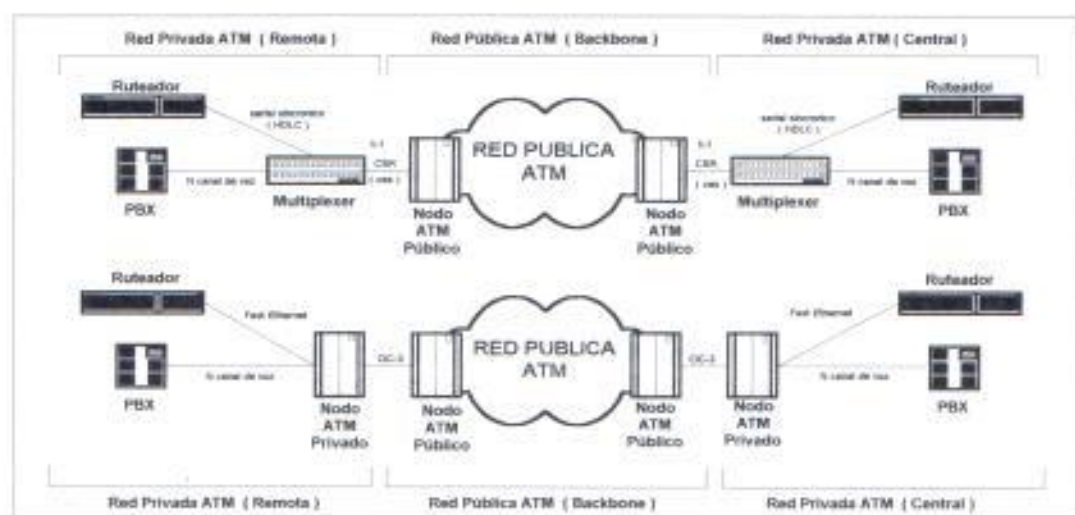


FIG. 5.3.3.1.5
INTEGRACION RED PRIVADA A LA RED PUBLICA ATM

Resumiendo, la cantidad de puertos T-1 y OC-3 que serían necesarios en el nodo público ATM, para atender los servicios que actualmente se dan por enlaces RF de datos, serían los mostrados en la tabla 5.3.3.1.6.

TIPO DE TRAFICO	SERVICIO	PUERTO EN NODO PUBLICO ATM	REQUIERE NODO ATM PRIVADO
CONSTANTE (voz + datos)	TDM	T-1	no
VARIABLE (datos+voz)	RED	OC-3	si

TABLA 5.3.3.1.6
TIPOS DE PUERTOS REQUERIDOS EN MIGRACION DE CONEXIONES INALAMBRICAS A LA RED PUBLICA ATM.

5.3.3.2 RED TELEFONICA DE PACIFICTEL.

La red telefónica de Pacifictel constituye un caso especial debido a su enorme capacidad de conmutación de líneas telefónicas. Siendo ATM un sistema basado en celdas, la capacidad de que un sistema como éste pueda integrar el tráfico de Pacifictel depende de cómo se puedan integrar los switches telefónicos como AXE-10, o E-10B a los nodos públicos ATM; esta integración se establece en base a los nodos de transmisión SDH, tipo Alcatel 1651SM, que posee Pacifictel, y que deberán ser ubicadas en cada una de las centrales que se ingresaran a la red pública ATM. De esta manera los equipos SDH serán necesarios para realizar la integración de la red telefónica de Pacifictel a la red pública ATM como se muestra en el gráfico 5.3.3.2.1.

En este esquema el nodo Alcatel 1651 recibirá el tráfico telefónico a través de enlaces STM-1, los que concentrará en un solo puerto SDH de superior jerarquía, para finalmente entregarlos al nodo público ATM. Luego este nodo le aplicará la función SAR al tráfico SDH y obtendrá celdas ATM que finalmente serán transportados a través de la estructura (frame) SONET. De manera que la conmutación del tráfico telefónico se realiza con las centrales de Pacifictel y la transmisión se realiza a través de los nodos Alcatel 1651, y los nodos ATM respectivos; dándole un uso a la red pública ATM como red de tránsito para todo el tráfico telefónico de las centrales de Pacifictel.

En el gráfico 5.3.3.2.1 se bosqueja un ejemplo de la posible configuración que tendría una central determinada de Pacifictel, digamos, la central Centro. En este gráfico detallamos la operación de la central Centro, y la conmutación de las llamadas telefónicas del sector.

La central de conmutación Centro analiza el tráfico de voz y determina si corresponde a su área de cobertura, el área Centro, o por lo contrario debe conmutarlo hacia alguna de las posibles centrales aledañas que serían las centrales Boyaca, Oeste o F. Cordero. En la central de conmutación Centro el tráfico de voz se inicia con niveles jerárquicos PDH de 2 Mb, hasta llegar a niveles PDH superiores de 140 Mbps, o a niveles PDH de 565 Mbps.

Estos dos niveles, 140 Mbps y 565 Mbps, son los que finalmente serán entregados por los equipos Alcatel 1651SM al nodo ATM de la red pública que cubre el sector Centro; una vez en la red pública ATM, serán ruteados hacia el nodo del sector que le corresponde llegar, para luego ser entregados a la central telefónica en donde se realizará un proceso contrario hasta llegar a la conmutación de la llamada telefónica; proceso a cumplir en cada central de Pacifictel al enviar el tráfico usando la red ATM.

Entendiendo que los equipos Alcatel 1651 son equipos de transmisión, más no de conmutación, se debe destinar un equipo 1651 por cada ruta telefónica que servirá a una central diferente. Esta apreciación se considera en el gráfico 5.3.3.2.1.

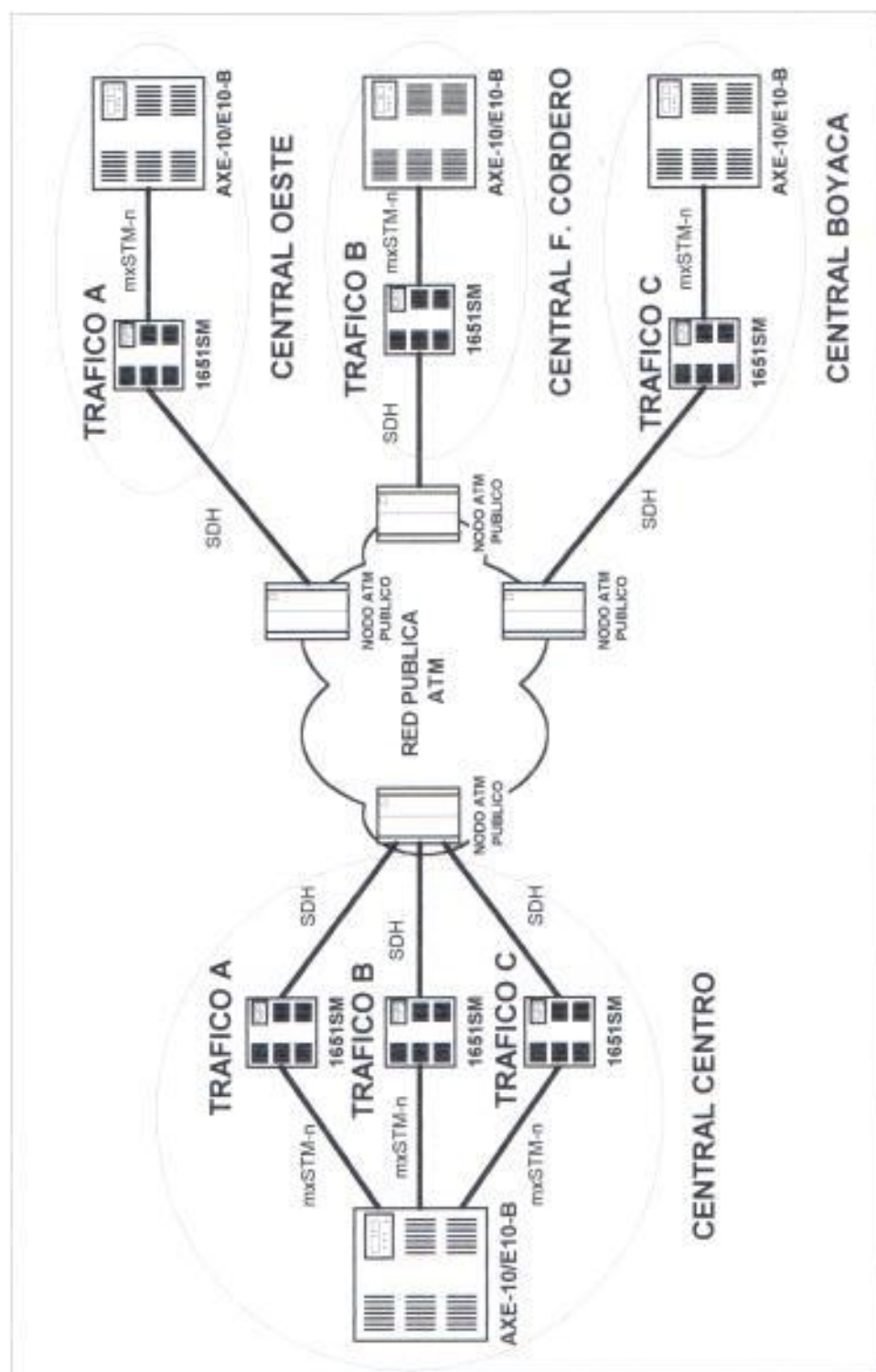


FIG. 5.3.3.2.1
INTEGRACION DE UNA CENTRAL TELEFONICA AXE-10/E10-B A LA RED PUBLICA ATM

En el gráfico 5.3.3.2.1 se destina un equipo de transmisión por cada volumen de ruta telefónica que tiene como destino otra central telefónica; cada uno de los volúmenes de tráfico se representa como tráfico A, B o C, los cuales ingresan a uno de los nodos de la red pública ATM a través de las diferentes tarjetas SDH, para que finalmente se entreguen a las centrales telefónicas que le corresponde. De los datos obtenidos en el capítulo 2, sección 2.5, se muestra la tabla 5.3.3.2.2 en donde se indican las interfaces necesarias en los nodos Alcatel 1651, los que se conectarán directamente a los nodos ATM, y a través de los cuales atenderán la distribución del tráfico telefónico de Pacifictel.

CENTRAL PACIFICTEL	INTERFACES STM-N NECESARIAS EN EL NODO ALCATEL 1651 POR CENTRAL	INTERFACES SDH/SONET NECESARIAS EN LA RED PUBLICA ATM
ALBORADA	2 STM-4	2 OC-12
BELLAVISTA	3 STM-4	3 OC-12
BOYACA	3 STM-4	3 OC-12
CEIBOS	1 STM-4	1 OC-12
CENTRO	4 STM-4	4 OC-12
FEBRES CORDERO	2 STM-4	2 OC-12
OESTE	3 STM-4	3 OC-12
KENNEDY NORTE	1 STM-4	1 OC-12
SUR	2 STM-4	2 OC-12
NORTE	3 STM-4	3 OC-12
URDESA	1 STM-4	1 OC-12

TABLA 5.3.3.2.2
INTERFACES NECESARIAS EN LA INTEGRACION DE CENTRALES TELEFONICAS DE PACIFICTEL A RED PUBLICA ATM

5.3.3.3 RED DIGITAL DE TELEHOLDING.

El servicio que ofrece esta red, basada en equipos Newbridge, puede ser reemplazado en su totalidad por enlaces que la red pública ATM ofrece para integrar los servicios tipo inalámbricos. Es posible una rápida integración a la red pública ATM de los abonados que utilizan los servicios de Teleholding para obtener enlaces de nx64 Kbps.

que se ofrecen a través de un par de cobre que va desde la red del abonado hasta la red digital de Pacifictel. La integración de abonados a esta red digital (equipos Newbridge) se muestra en el gráfico 5.3.3.3.1.

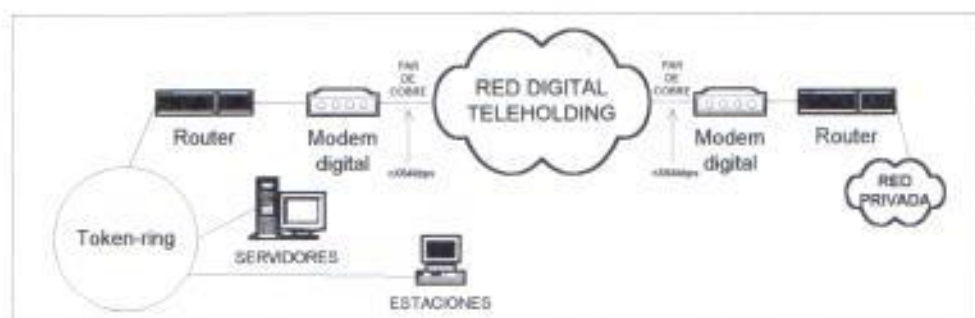


FIG. 5.3.3.3.1
INTEGRACION DE REDES REMOTAS USANDO RED DIGITAL TELEHOLDING

La tasa de transmisión en un escenario como el descrito, en el que se establecen enlaces a niveles de 128 Kbps, puede mejorarse notablemente integrándolos a la red ATM, al poder llegar hasta 2 Mbps con uso de modems adecuados. Adicionalmente, está aquella capacidad de la misma red ATM de ofrecer interfaces ópticas a los distintos abonados que los requieran, con lo que cualquier mejora a nivel de transmisión digital es notoria. La primera alternativa se detalla en la fig. 5.3.3.3.2. La segunda alternativa ya se detalló en el análisis realizado para los servicios inalámbricos y un detalle de su conexión se lo tiene en la figura 5.3.3.1.1.

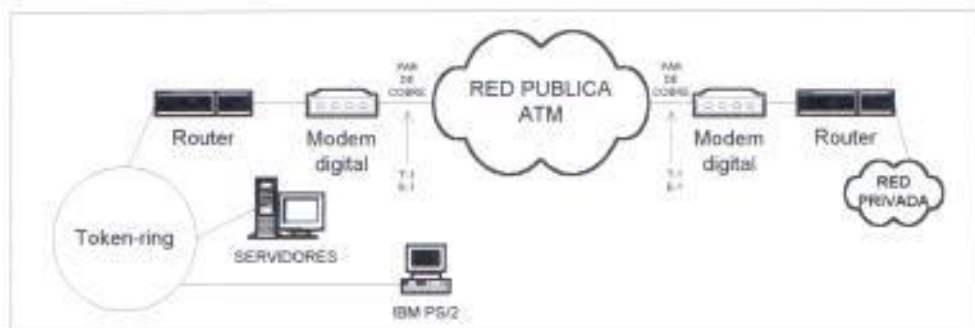


FIG. 5.3.3.3.2
ALTERNATIVA DE CONEXION DE LA RED PUBLICA ATM A LOS ENLACES DE TELEHOLDING

En la tabla 5.3.3.3 se muestran los puertos requeridos en la red pública ATM para poder ofrecer un servicio similar al que ofrece Teleholding, según cálculos realizados en la sección 5.3.1.1.4.

SERVICIO	PUERTO EN NODO ATM	UBICACIÓN DE NODOS
TELEHOLDING	1 E1 - 1 E1 5 E1 - 3 E1	ALBORADA - SUR CENTRO - NORTE

TABLA 5.3.3.3

TIPOS DE PUERTOS REQUERIDOS EN MIGRACION DEL SERVICIO DE TELEHOLDING A LA RED PUBLICA ATM.

5.3.3.4 RED CDPD.

El manejo técnico que puede darse a este tipo de servicio para su integración a la red pública ATM es similar al dado a los enlaces provenientes del servicio de Teleholding, e incluso Internet. Estos 3 tipos de servicios poseen una característica común, la cual es manejarse a través de enlaces de poco ancho de banda que pueden ser atendidos de manera adecuada por la red pública ATM con enlaces ópticos tipo OC-3, los mismos que son suficientes para atender servicios que requieren anchos de banda menores a los 2 Mbps como lo son los enlaces de Teleholding, Internet y enlaces de radio frecuencia.

Los accesos CDPD pueden tratarse como emulación de circuito en la red ATM con lo que se obtendría la necesidad de puertos que brinden el servicio CES (Circuit Emulation Services, ver sección 5.3.2) en los nodos ATM. La tasa de transmisión que se brindaría a través de estos puertos sería la misma que se ofrece a servicios similares como el de Teleholding, es decir puertos E1.

En la tabla 5.3.3.4.1 se muestran los puertos necesarios en la red pública ATM para atender los requerimientos del servicio de CDPD (ver sección 5.3.1.1.5) en aquellos

sectores geográficos que lo ameriten por encontrarse en zonas cercanas a la red pública ATM. No se consideran crecimientos en estos enlaces en vista de que cualquier crecimiento en el número de enlaces o en ancho de banda no incide en el cálculo de la demanda total de la red pública ATM, pues aquí la demanda de ancho de banda es gobernada por los enlaces de Pacifictel.

SERVICIO	PUERTO EN NODO DE LA RED ATM	UBICACIÓN DE LOS NODOS
CDPD	1 E1 1 E1 4 E1 1 E1	ALBORADA BELLAVISTA CENTRO KENNEDY NOR.

TABLA 5.3.3.4.1
PUERTOS REQUERIDOS EN LA RED PÚBLICA ATM PARA ATENDER LA
MIGRACION DEL SERVICIO DE CDPD.

5.3.3.5 RED INTERNET.

Como se mencionó en la sección 5.2, un gran problema que tienen los proveedores de Internet es el tipo de acceso que ponen a disposición de sus diferentes suscriptores, pues de manera general lo realizan a través de la red telefónica de Pacifictel a través de pares de cobre. Por lo tanto, este servicio que brindan está siempre dependiente del medio de acceso analógico con un límite en el ancho de banda que usualmente es inadecuado e ineficiente para accesos continuos a la Internet, como es el caso de clientes corporativos.

Ofrecer un ingreso más personalizado al cliente, que dependa del número de líneas y de la calidad del acceso no puede realizárselo con los actuales servicios que disponen los proveedores de Internet, y usualmente lo realizan a través de bancos de modems

con limitaciones propias de velocidad de acceso. Aunque también se ofrece acceso satelital a clientes corporativos, alternativa más bien orientada a fines académicos, como universidades o colegios en donde el acceso a Internet es requerido, y además en áreas geográficas remotas.

Mejorar el acceso de los suscriptores a las instalaciones del proveedor debe ser algo prioritario, y una red de acceso que ofrezca un enlace más estable, confiable y escalable en calidad y cantidad de líneas se lo puede obtener a través de una red digital común. En nuestro caso, una red ATM ofrece muchas y mejores alternativas para mejorar y ampliar este servicio, desde poder manejar la misma estructura de acceso tradicional, como lo son los enlaces dial-up, hasta ofrecer cualquier tipo de acceso digital usando la misma infraestructura física, como lo son los pares de cobre; esto último se cumple solo para determinados casos, siempre y cuando Pacifictel habilite servicios como ISDN, e incluso xDSL que ampliarían y mejorarían la planta de acceso a Internet; para el caso del acceso, en este diseño no se consideran aún estas alternativas. A continuación se dan las alternativas de acceso que brindaría la red pública ATM, gráfico 5.3.3.5.1.

En este esquema se consideran enlaces E1 entre las centrales de Pacifictel y la red pública ATM, y entre el dispositivo de acceso privado del proveedor de Internet y esta misma red pública ATM. Existiendo muchos proveedores de Internet en Guayaquil (como Ecuanel, Telconet, Satnet), para efectos del cálculo de la demanda de ancho de banda que estos tres proveedores tienen se hará un análisis en base al mayor de ellos, Ecuanel. Así, considerando que la demanda aproximada de abonados, por conexión posible, que posee esta empresa es de cerca de 500 usuarios, se asumirá una demanda

de tráfico similar para los otros dos proveedores. Esta última consideración se debe a la asunción de un posible incremento en la demanda global de abonados, que no afectará el diseño de la red pública ATM.

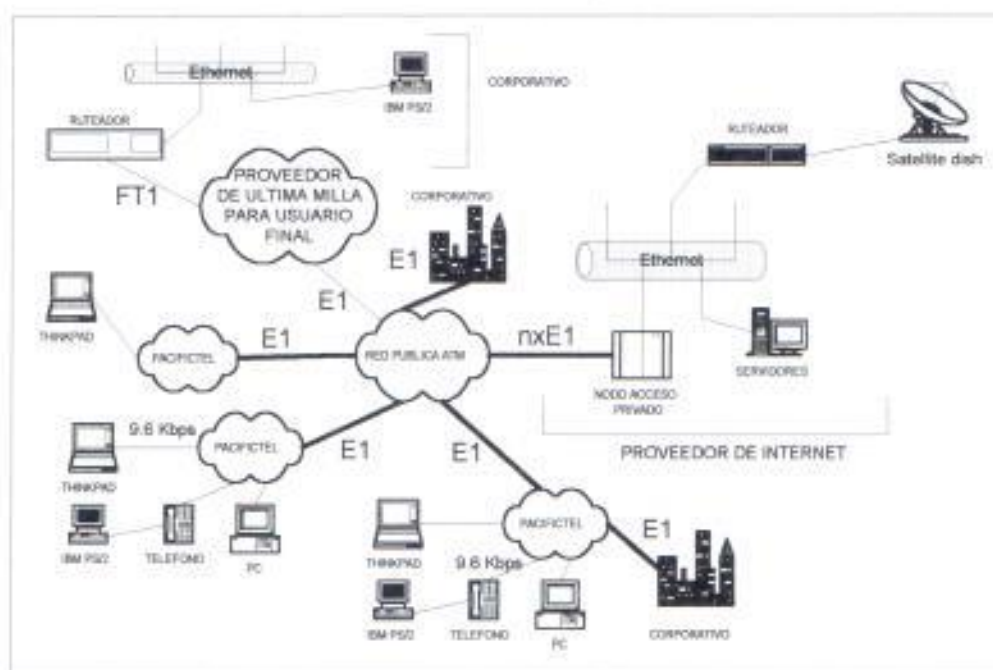


FIG. 5.3.3.5.1
ACCESO A INTERNET A TRAVES DE LA RED PUBLICA ATM

El cálculo de la demanda del ancho de banda que representan 500 abonados se realiza en base a enlaces E1, entre Pacifictel y el proveedor de Internet, que permiten manejar adecuadamente la demanda de líneas telefónicas. Profundizando en el detalle tenemos que un enlace E1 canalizado maneja 30 circuitos telefónicos, pero debido al tipo de señalización necesaria en ATM solo maneja 25 circuitos. Para la demanda de los 500 abonados se requieren 17 circuitos E1; valores obtenidos a través de una operación matemática al dividir los 500 abonados para los 25 circuitos. Los 17 circuitos E1 se

consideran de igual manera para los otros dos proveedores. Finalmente se toma en cuenta la ubicación de estos tres proveedores en sectores como Kennedy Norte, Centro y Oro Verde.

Resumiendo el análisis realizado, podemos afirmar que un esquema como el descrito, en que el ingreso a Internet se realiza a través de la red ATM, estaría ampliando de manera significativa las diferentes alternativas de ingreso; como el permitir que el proveedor de Internet ofrezca accesos a nivel de red y no solo a partir de canales de voz, a través de enlaces E-1 que se ofrecen a clientes corporativos. La tabla 5.3.3.5.2 muestra los enlaces requeridos.

Un equipo que permite una amplia gama de conexiones hacia el proveedor de Internet, entre ellas las que se describen a nivel de E1 canalizado y Ethernet, es el equipo MAX TNT de la cia. Ascend Communications (www.ascend.com).

SERVICIO	PUERTO EN NODO PUBLICO ATM	UBICACIÓN DE NODOS
PROVEEDOR DE INTERNET	17 x E1	Kennedy Norte Centro Oro Verde

TABLA 5.3.3.5.2
TIPOS DE PUERTOS REQUERIDOS EN MIGRACION DE CONEXIONES TRADICIONALES DE INTERNET

5.3.3.6 RED DE TELEVISION POR CABLE.

Definido con anterioridad, sección 5.3.1.3.1, el esquema seleccionado para transportar

las señales broadcast de TV por cable, se presenta a continuación la configuración básica para las conexiones necesarias en la red pública ATM.

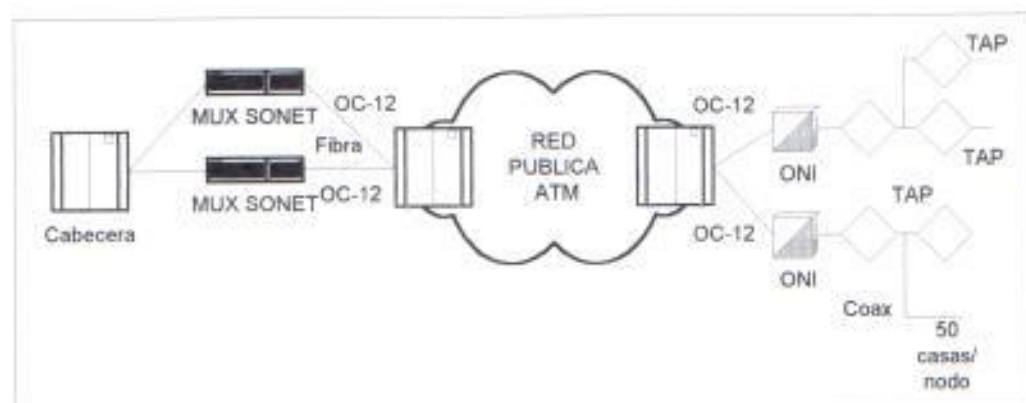


FIG. 5.3.3.6.1
ARQUITECTURA DE TELEVISION POR CABLE A TRAVES DE UNA RED ATM
FUENTE: TIME WARNER CABLE WEB SITE

Una configuración como la de la figura 5.3.3.6.1 permitiría dar servicios interactivos y broadcast a cada abonado. Los canales de video distribuido se combinarían con los canales de video conmutado usando un concentrador, o mux SONET, para formar señales de datos sobre el backbone de fibra óptica usando tasas de transmisión de STS-12 (622 Mbps) o STS-48 (2.4 Gbps). En el lado del suscriptor se cuenta con una tasa de STS-12 correspondiente a 12 canales de televisión sirviendo a un suscriptor en particular; además se cuenta con un elemento denominado ONI (Optical Network Interface), que realiza funciones de demultiplexador, separando los canales, los cuales son descomprimidos, para luego ser convertidos a formato analógico NTSC, y luego modulados para transmitirlos sobre el cable de coaxial hacia el suscriptor. Esta arquitectura permite señales de reversa, es decir desde el suscriptor hacia la cabecera pero tal configuración requeriría además cambios en los equipos del suscriptor, un alcance que no se considera en la configuración inicial para el diseño de la red pública ATM.

El área cercana a la central de distribución de televisión por cable se considera en la ciudadela La Alborada. En la tabla 5.3.3.6.2 se resumen las necesidades de puertos en los nodos de la red pública ATM, según consideraciones realizadas en la sección 5.3.1.3.1. Nuevamente, se enfatiza que el diseño y demanda de ancho de banda del servicio de televisión por cable se lo realiza con sentido puramente informativo, como una evolución posible que tendrían los actuales servicios de TV por cable y que por demandar cambios en la actual infraestructura física de los actuales equipos para la transmisión y recepción de las señales de televisión, no se lo considera entre los servicios que se agregan en el diseño inicial de la red pública ATM.

SERVICIO	PUERTO EN NODO PUBLICO ATM	PUERTO EN NODO ALBORADA
DIFUSION DE VIDEO INTERACTIVO	OC-48 + OC-12	OC-48 + OC-12
OC-48 + OC-12 : 2.4 Gbps + 622 Mbps > 3 Gbps. Ver tabla 5.3.1.3.1.3.		

TABLA 5.3.3.6.2
TIPOS DE PUERTOS REQUERIDOS EN MIGRACION DE TELEVISION POR CABLE A LA RED PUBLICA ATM.

5.4 INSTALACION DE LOS NODOS ATM EN PUNTOS ESTRATEGICOS

5.4.1 PLANIFICACION.

Establecida la red de acceso a la red pública ATM, es necesario definir consideraciones que deberán tener cada uno de los módulos que serán punto de entrada a la red ATM. Definir su ubicación en cada uno de los sectores de la ciudad que han sido seleccionados para integrar su tráfico, calcular la capacidad de cada puerto necesario para atender los requerimientos de la red de acceso, seleccionar la capacidad óptima que deberá tener el puerto óptico que se integrará con los otros módulos de la red ATM, realizar un análisis que permita diseñar un backbone de módulos con capacidad de poder manejar cualquier crecimiento de la red en tráfico de datos. En resumen, se deberá seleccionar un modelo de módulo ATM que tenga la capacidad para manejar las interfaces o puertos físicos que manejarán todo el tráfico de la red, sea tráfico de entrada o de salida, además de estar en capacidad de poder procesar todo el tránsito de datos que a través de él circule, utilizando para tal objetivo la mejor arquitectura posible para conectar entre sí cada uno de los módulos ATM de la red pública.

Adicional a la capacidad de suministrar la tecnología física para manejar el tráfico que tendrá la red de acceso, la red pública debe proveer múltiples servicios adicionales que se consideran en el diseño de los nodos de acceso y que deberán ser manejados a través de un solo enlace físico que ingresará al puerto de un módulo ATM de la red pública. Esta necesidad surge de considerar que en una red como la que se diseña, no todos los abonados requieren un acceso eléctrico (enlaces de tipo T-1, E-1) al backbone ATM, pues este tipo de enlace no les permitirá utilizar al 100% la capacidad que le brinda la red, de manera que se consideran enlaces ópticos para lograr el acceso al backbone ATM. Estos enlaces ópticos les permitirán disfrutar de capacidades de conmutación y tasas de transmisión únicas en la actualidad.

Esquemáticamente, un nodo de la red pública ATM receptorá todo el tráfico de los abonados, luego transportará a través del backbone de fibra hacia el nodo ATM de salida, para finalmente entregarlo a su red destino, tal como se muestra en el gráfico 5.4.1.1.

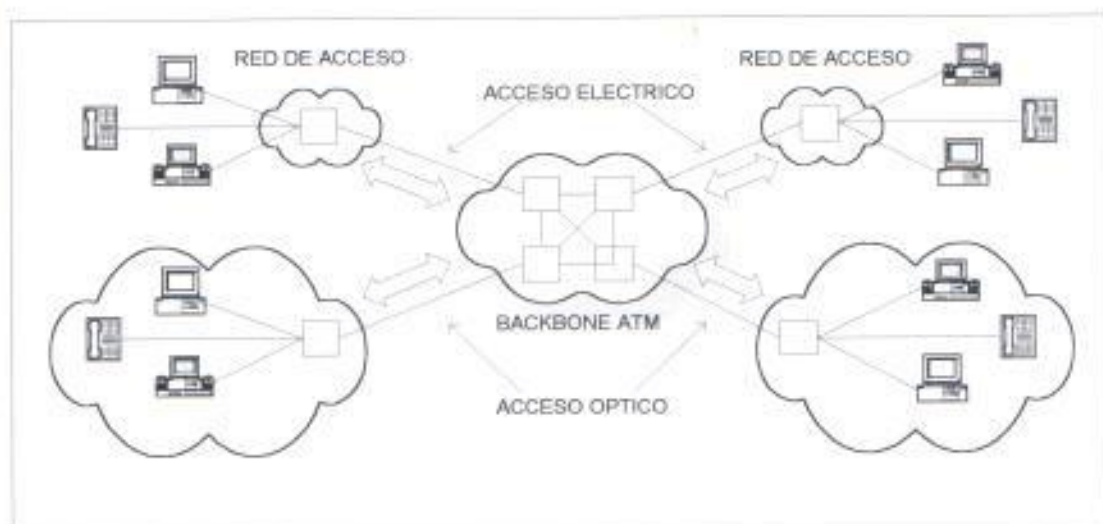


FIG 5.4.1.1
TIPOS DE ACCESO A MANEJAR POR EL BACKBONE ATM

El cálculo de cada nodo ATM que conformará la red pública deberá realizarse por separado, se analizará cada sector geográfico a servir y se determinará la capacidad inicial del conmutador que le servirá. Se deberá realizar también este análisis a nivel de los diferentes servicios y redes que se atenderán, considerando el tipo de puerto eléctrico u óptico que se requiera, y la cantidad necesaria de cada uno de estos puertos en los diferentes nodos de la red pública ATM. De los análisis realizados anteriormente, sección 5.3.2, se determinaron 2 clases de interfaces de acceso para todos los servicios que se atenderán inicialmente en la red ATM. Estos 2 tipos de interfaces, eléctrica y óptica, estandarizan los requerimientos de puertos en la red ATM a niveles de E-1, OC-n y STM-n.

A priori, se determina que el servicio que gobernará la demanda de transmisión en la red pública

ATM será el tráfico telefónico de Pacifictel, y también la posibilidad de implementar un servicio de difusión digital de televisión por cable, esto considerando solo cálculos iniciales de tráfico, más no toda la capacidad de transporte que puede tener el backbone ATM. En base a aquellos sectores seleccionados para hospedar la red pública ATM y de los tipos y cantidades de puertos necesarios en cada uno de los nodos que la conforman, se obtiene la tabla 5.4.1.2 que resume las interfaces necesarias en estos nodos. Como se determinó en análisis anteriores, sección 5.3.3.2, no se considera el tráfico de televisión por cable para este cálculo.

La tabla 5.4.1.2 nos muestra un resumen de los puertos que se requieren en la red pública ATM para atender diferentes tipos de servicios; los valores mostrados en la tabla se obtienen del cálculo de demanda realizado para servicios como Internet, CDPD, Pacifictel, inalámbricos, etc. Así, en el caso de los servicios de Internet, se considera la presencia de 3 proveedores de este servicio, y con cada proveedor demandando un total de 17 enlaces E-1 de la red pública ATM. Igual caso tenemos en el servicio de Teleholding que requiere 1 enlace E-1 en Alborada, 5 E-1 en Centro, 3 E-1 en Norte, 1 E-1 en Sur. Valores obtenidos en los análisis realizados en las secciones 5.3.3.3 y 5.3.3.5, respectivamente. Análisis similares se realizaron para los servicios restantes.

La necesidad de requerir un gran número de enlaces E-1 en la red ATM condiciona el diseño a que ofrezca un dispositivo de acceso que maneje estos enlaces a nivel eléctrico, y los ofrezca a nivel óptico y de manera directa a la red pública ATM. Esta consideración se cumple en el diseño propuesto, por lo cual todos los enlaces E-1 en las diferentes zonas deberán ingresar primeramente a un módulo de acceso ATM, el cual concentrará estos enlaces E-1 en un enlace OC-3 que será el que ingrese a un nodo ATM de la red pública.

SECTOR	INALAMBRICAS		TELEHOLDING		PACIFICTEL		INTERNET		CDPD	
	PUERTO	NUMERO	PUERTO	NUMERO	PUERTO	NUMERO	PUERTO	NUMERO	PUERTO	NUMERO
ALBORADA	E-1	20	E-1	1	OC-12	2			E-1	1
BELLA-VISTA					OC-12	3			E-1	1
BOYACA	E-1	11			OC-12	3				
CEIBOS	E-1	6			OC-12	1				
CENTRO	E-1	35	E-1	5	OC-12	4	E-1	17	E-1	4
FEBRES-CORDER	E-1	6			OC-12	2				
OESTE	E-1	7			OC-12	3				
KENNED-NORTE	E-1	11			OC-12	1	E-1	17	E-1	2
URDESA	E-1	21			OC-12	1				
NORTE	E-1	5	E-1	3	OC-12	3				
ORO VERDE	E-1	14					E-1	17		
SUR	E-1	11	E-1	1	OC-12	2				

TABLA 5.4.1.2
TIPO Y CANTIDAD DE PUERTOS REQUERIDOS POR TIPO DE SERVICIO EN LA RED PUBLICA ATM

Una vez determinado el tráfico de la red de acceso para los servicios actuales que se ofrecen en Guayaquil, se hace un análisis adicional sobre el crecimiento que tendrían los sistemas TDM hacia sistemas ATM públicos con acceso OC-3, tal cual se analizó en subcapítulos anteriores. De la totalidad de sistemas TDM establecidos en el gráfico 5.3.1.1.1.1 se observa que el sector Centro es el área con mayor densidad de enlaces, además de ser un área fundamentalmente financiera. En base al hecho de que las áreas financieras posiblemente son las que cuentan con mayor crecimiento, mayor demanda de ancho de banda y un sólido respaldo económico para mejorar sus enlaces (pasar de inalámbricos a ópticos), consideramos que la relación de enlaces del sector Centro con el total de enlaces (35 a 171 enlaces da un porcentaje de 20%) establece el porcentaje de migración de enlaces inalámbricos a ópticos. Por lo tanto, nuestro diseño añade por cada nodo un número de enlaces ópticos similar al 20% del número total de enlaces TDM. Por ejemplo, estimamos que el nodo Alborada que tiene una presencia de 20 enlaces TDM tendrá un crecimiento óptico del 20% de los 20 enlaces; es decir 4 enlaces OC-3.

En un diseño como el que se propone se debe identificar el destino del tráfico que ingresa a cada nodo ATM de la red pública; sin embargo, no siempre se puede determinar con exactitud el destino que tendrá el tráfico, sobre todo en redes con backbones que manejan gran cantidad de tráfico de datos. Cuando el tráfico de datos en la red no llega a ser tan predecible, se dispone de un método conocido como el "método de la gravedad" que especifica que cada uno de los nodos recibe igual cantidad de tráfico que el que entrega a la red. Para el caso concreto de la red pública ATM para Guayaquil se puede determinar con antelación el comportamiento del tráfico de datos que existe en la ciudad, partiendo del hecho de que las centrales públicas de Pacifictel son las que originan la mayor cantidad de datos, y que además tales datos poseen un destino conocido una vez que ingresan al nodo ATM de la red pública.

Lo importante es partir de un tráfico cuya presencia en el backbone ATM sea seguro y constante como es el tipo de tráfico que ofrecen las diferentes fuentes de datos que existen en Guayaquil, lo que permite predefinir el destino u origen del tránsito de datos en la red ATM, pues de manera anticipada se establecen las rutas y destinos que estos datos tomarán, facilitándose el cálculo del tráfico que existiría entre cada uno de los nodos de la red. Sobre todo en base a la naturaleza del tráfico que ingresará a los nodos, pues en su mayoría se trata de tráfico constante, CBR; el tráfico total en los nodos puede sufrir aumentos en su volumen según los servicios adicionales que se agreguen a la red y que pueden ser de origen ATM puro, es decir que no se necesite configurar este tráfico como CBR, y de origen no-ATM, el cual requiere ser configurado como tráfico CBR.

Así, la totalidad del tráfico que ingresa a cada uno de los nodos ATM de la red más la suma del tráfico que deberá tener cada uno de los enlaces que parten de él hacia los otros nodos ATM y que forman el backbone de la red, determinan los parámetros como número y capacidad de puertos de entrada al nodo ATM y capacidad de los enlaces al backbone ATM.

Existe también un valor adicional y crítico que se debe calcular a partir de la cantidad y de la capacidad de las interfaces de entrada que tendrá el nodo ATM, y es la capacidad interna de conmutación o switcheo que deberá tener la tarjeta procesadora del nodo ATM. Capacidad que se determina en base a las consideraciones de tráfico que tendrá que manejar, y que se considera como el doble del tráfico real que tendrá el conmutador ATM más un valor adicional que se añade por consideraciones de crecimiento, este valor adicional representa el 20% del tráfico total, tal como se muestra en la fórmula 5.4.1.3:

$$\text{Tamaño total del nodo} = (\text{Tráfico de entrada por nodo} \times 2) \times 1.2$$

FORMULA. 5.4.1.3**CAPACIDAD DE CONMUTACION DEL NODO PUBLICO ATM**

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar.

5.4.2 SELECCIÓN DE LOS NODOS DE LA RED PUBLICA ATM.

Se determinará la capacidad y tamaño de cada uno de los nodos de la red pública ATM en base a las consideraciones hechas al inicio del este subcapítulo, para lo cual se analizará por separado cada uno de los nodos que la conforman en base a datos definidos en la tabla 5.4.1.2 que hacen mención del tipo y cantidad de puertos necesarios en cada nodo. Se debe, además, considerar la presencia de los puertos ópticos (OC-3) necesarios para manejar el crecimiento de las redes TDM privadas.

Existe una consideración adicional en el caso de aquellos enlaces E-1 necesarios en cada uno de los nodos ATM de la red pública. Debido a la presencia numerosa de éstos, será necesario establecer un dispositivo que posea interfaces E-1 de entrada y como salida un puerto óptico de capacidad suficiente para manejar el número de enlaces E-1. Esta característica permitirá, además, definir como tecnología de acceso a la red pública los enlaces ópticos en preferencia de cualquier otra tecnología de acceso eléctrico; así, cualquier enlace de tipo E-1 o T-1 deberá llegar al nodo de la red ATM a través de un módulo de acceso que manejará el ingreso de dichos enlaces al nodo ATM, esta configuración que se establece es la que se muestra en la figura 5.4.2.1.

Para cada nodo que conforme la red pública ATM se analizará el tráfico que entregará a la red, y las dimensiones que deberá tener cada uno de los puertos de entrada o salida que tenga.

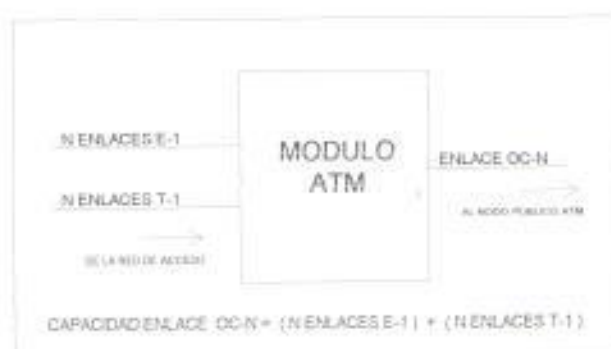


FIG. 5.4.2.1
MODULO ATM DE ACCESO PUBLICO A LA
RED ATM

NODO ALBORADA.-

Resumiendo la cantidad y tipo de puertos definidos en la tabla 5.4.1.2 para este módulo, tenemos un total de 22 enlaces E-1 para los 4 servicios básicos (Internet, CDPD, Teleholding, TDM); más 4 interfaces ópticas OC-3, que corresponden al 20% del número de enlaces TDM que se consideran para el crecimiento a un nivel óptico. En el caso de los enlaces E-1, éstos suman una tasa de transmisión total de 45 Mbps (22×2.048 Mbps) las que pueden manejarse ofreciendo un servicio CES, a través de un enlace OC-3. De esta manera el módulo de acceso ATM que se utiliza para el manejo del tráfico de datos del sector Alborada es el considerado en la figura 5.4.2.2. En el módulo ATM de acceso público serían necesarios 22 enlaces E1 para el ingreso de datos, y para la salida de datos hacia el nodo público Alborada se necesitaría 1 puerto OC-3, pues este cubre satisfactoriamente los 22 enlaces E-1.

Adicionalmente, el nodo público ATM de la Alborada requerirá 2 interfaces ópticas OC-12 tal como se detalla en la figura 5.4.1.2. Estas interfaces OC-12 manejarán el servicio de Pacifictel.

La circulación del tráfico a través de los puertos del nodo público se determinaría por las 4

rutas mostradas en la figura 5.4.2.2. Sin embargo, el único tráfico de datos conocido es aquel que ingresa desde la red de los abonados, es decir la ruta 1. El tráfico de la ruta 3 es aquel que se considera ingresa por cualquiera de los puertos de entrada del nodo Alborada (puertos P1, P2 o P3) y puede ser conmutado hacia cualquier otro puerto de entrada del mismo nodo, este tráfico se lo considera de valor nulo en el diseño inicial de la red ATM, pues como se observa ingresan al nodo 3 clases distintas de data (voz, video, datos) con lo que no podríamos tener algún intercambio de tráfico entre dichos puertos. Otra consideración que evita asumir un tráfico entre los puertos de entrada del nodo Alborada, y en general de cualquier nodo de la red pública ATM, es que un nodo ATM se utilizará para transmitir datos entre zonas diferentes, por ejemplo entre Alborada y Centro, más no como un concentrador o conmutador de datos de una misma zona.



FIG. 5.4.2.2
TRAFICO DEL NODO ALBORADA

La ruta 2 especifica aquel tráfico efectivo que el nodo Alborada ingresa al backbone ATM, este tráfico efectivo se lo obtiene de la diferencia entre el tráfico de la ruta 1 con el tráfico de la ruta 3, con la asunción ya conocida de que el tráfico de la ruta 3 es de valor nulo. Finalmente se tiene la ruta 4, que corresponde al tráfico efectivo que proviene de los otros nodos de la red pública ATM.

En el análisis del máximo tráfico de salida al backbone ATM desde cada uno de los nodos de la red, se establece que el tráfico de salida lo determina el tráfico de entrada por cada puerto que posee el nodo. Así, el tráfico de salida del nodo Alborada está dado por la suma del tráfico que cada uno de sus puertos de entrada (P1, P2 o P3) le entrega. Esta consideración se sigue para el cálculo del tráfico del backbone de la red pública ATM, tráfico que se considera corresponde a una proyección inicial de la red.

El tráfico que entrega el nodo Alborada al backbone ATM es el siguiente:

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = sumatoria del tráfico de sus puertos de entrada

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = tráfico de puertos (P1 + P2 + P3)

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = (155) + (2x622) + (4x155)

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 155 + 1244 + 620

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 2719 Mbps

El estándar de transmisión óptica OC-48 está en capacidad de manejar 2.4 Gbps, pero quedaria por cubrir aproximadamente .3 Gbps de la capacidad requerida en los puertos de salida hacia el backbone. Para cubrir esta diferencia en la capacidad, debe considerarse un estándar de transmisión en el backbone que permita mantener una interface única para facilitar el manejo del total del tráfico, y cualquier tarea de mantenimiento, operación o reparación en caso de fallas, también debe considerarse potenciales aumentos en la capacidad del backbone ATM. Por estas razones, es deseable diseñar el nodo público ATM con una capacidad de salida de 2 OC-48; incluso esto permitiría balancear el tráfico de salida de 2719 Mbps a través de estas 2 interfaces OC-48.

Siendo el diseño de la red pública ATM un sistema altamente confiable tanto en calidad como

en la seguridad de sus enlaces, se determina por consideraciones de contingencia que cada uno de los enlaces que parten de un nodo, en el caso puntual el nodo Alborada, hacia los nodos vecinos como Kennedy Norte, Norte y Boyaca, deberán estar en capacidad de manejar la capacidad total del tráfico de salida hacia el backbone. De tal manera que los 3 enlaces de salida que posee el nodo Alborada deberán ser manejados por 2 interfaces OC-48, tal cual se considera en el gráfico 5.4.2.2. Un criterio similar se seguirá para el análisis de la demanda de tráfico de salida hacia el backbone ATM para todos los nodos restantes en la red pública.

NODO BOYACA.-

El tráfico considerado para este nodo requiere de puertos OC-3 y STM-4, pues los puertos E-1 que se requieren para atender los servicios inalámbricos son ingresados inicialmente al módulo de acceso que los entregará como puerto OC-3 al nodo de la red pública ATM. Las rutas que posee son hacia el nodo del sector Centro, una hacia el nodo Norte y la que la une al nodo del sector Alborada. Así, los puertos que se requieren en este sector se muestran en la fig. 5.4.2.3.

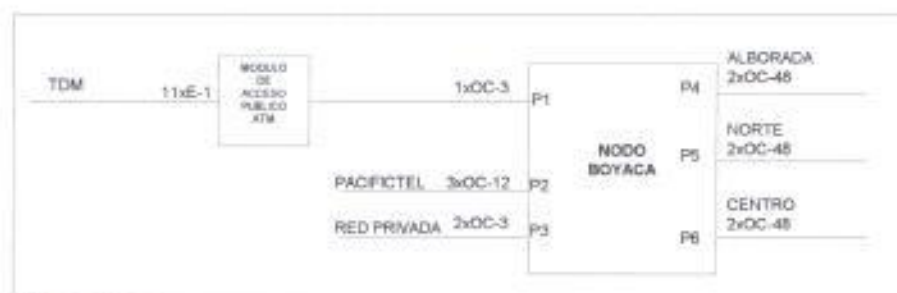


FIG. 5.4.2.3
TRAFICO DEL NODO BOYACA

El tráfico de salida al backbone ATM de este nodo sería el siguiente:

$$\text{Máximo tráfico de salida al backbone ATM} = P1 + P2 + P3$$

$$\text{Máximo tráfico de salida al backbone ATM} = 1 \text{ OC-3} + 3 \text{ OC-12} + 2 \text{ OC-3}$$

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = $(3 \times 155) + (3 \times 622)$

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = $465 + 1866 = 2488$

Tráfico que puede ser manejado por 2 interfaces OC-48.

NODO KENNEDY NORTE.-

El tráfico en este sector tiene las mismas características de los 2 sectores anteriores, aunque aquí se considera la presencia de las instalaciones de un proveedor de Internet, requiriéndose enlaces adicionales para atender este servicio. Los puertos de entrada que se requieren en el nodo Kennedy Norte se muestran en la fig. 5.4.2.4.



FIG. 5.4.2.4
TRAFICO DEL NODO KENNEDY NORTE

El cálculo del tráfico de salida es el siguiente:

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = $1 \text{ OC-3} + 1 \text{ OC-12} + 2 \text{ OC-3}$

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = $(3 \times 155) + 622$

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 1087 Mbps

En el diseño de los puertos de salida de este nodo existe la particularidad de que su tráfico hacia el backbone es posible manejar con una sola interface OC-48; sin embargo, siendo uno de sus enlaces hacia el nodo Alborada, el cual considera que su capacidad de transmisión hacia el nodo Kennedy Norte debe ser de 2 OC-48, se debe reconsiderar el diseño de manera que el

enlace Kennedy Norte – Alborada sea único e idéntico (2xOC-48). Como se mostró en la fig 5.4.2.4.

NODO NORTE.-

La distribución de tráfico en este sector se muestra en la figura 5.4.2.5:

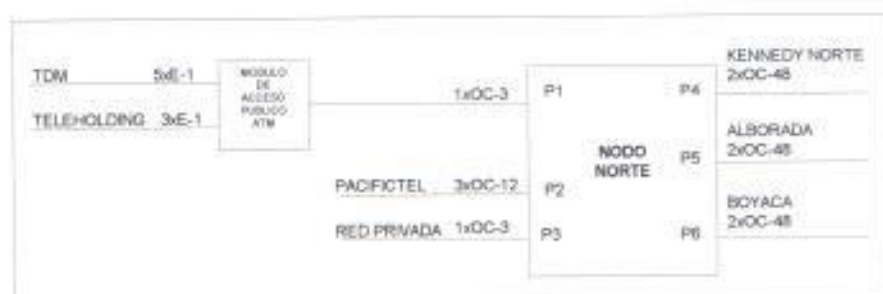


FIG. 5.4.2.5
TRAFICO DEL NODO NORTE

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 2 OC-3 + 3 OC-12

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = (2x155) + (3x622) = 310 + 1866

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 2176 Mbps

Manejable por una interface OC-48. Pero considerando que este nodo también tiene enlaces hacia nodos como Alborada y Kennedy Norte que se definieron serían de 2xOC-48, se considera que cualquier enlace que parte de este nodo debe ser de 2xOC-48.

NODO CENTRO -

En la figura 5.4.2.6 se muestra la cantidad de tráfico que este nodo entregará al backbone ATM.

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 8 OC-3 + 4 OC-12

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = (8x155) + (4x622) = 1240 + 2488

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 3728 Mbps.



FIG. 5.4.2.6
TRAFICO DEL NODO CENTRO

El tráfico de salida al backbone ATM puede ser manejado por 2 interfaces OC-48, con lo que se mantiene un estándar en el tipo y número de puertos a usar en el backbone.

NODO FEBRES CORDERO.-

En este nodo el tráfico de salida al backbone ATM puede ser manejado por 1 interfaz OC-48, pero considerando mantener igual número de puertos que el de los otros nodos (enlace Centro - Febres Cordero) se utilizan 2 OC-48. La figura 5.4.2.7 muestra el tráfico de este nodo.

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 2 OC-3 + 2 OC-12

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 310 + 1244

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 1554 Mbps.



FIG. 5.4.2.7
TRAFICO DEL NODO FEBRES CORDERO

NODO SUR.-

En este nodo, fig. 5.4.2.8, el tráfico de salida se calcula a partir de 3 interfaces OC-3 y 2 OC-12 a la entrada. Tráfico que es manejable por una interface de salida OC-48, aquí prevalece nuevamente el criterio de utilizar 2 puertos OC-48 para efectos de estandarización.

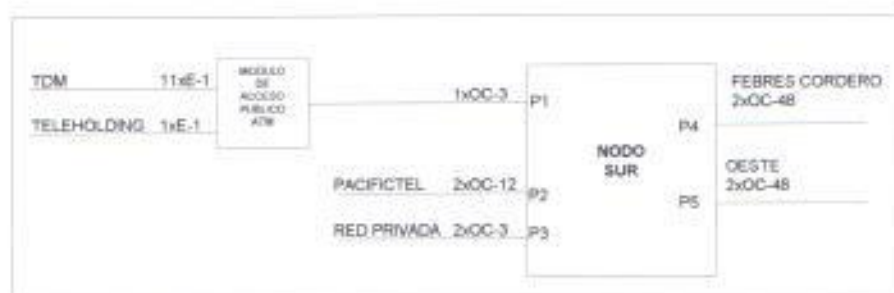


FIG. 5.4.2.8
TRAFICO DEL NODO SUR

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 3 OC-3 + 2 OC-12

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = (3x155) + (2x622) = 465 + 1244

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 1709 Mbps

NODO OESTE.-

Este nodo, fig. 5.4.2.9, tiene como entradas 2 interfaces OC-3 y 3 OC-12, que dan un tráfico total de 2176 Mbps, capacidad que se maneja mediante dos interfaces OC-48 de salida.



FIG. 5.4.2.9
TRAFICO DEL NODO OESTE

NODO BELLAVISTA.-

Este nodo requiere de 2 puertos OC-3 y 3 puertos OC-12, que dan un total de 2176 Mbps. Que es posible manejar también con el estándar de dos puertos OC-48.



FIG. 5.4.2.10
TRAFICO DEL NODO BELLAVISTA

NODO CEIBOS.-

Su tráfico es de 2 puertos OC-3 y 1 puerto OC-12, (932 Mbps). Manejable por 2 puertos tipo OC-48. Este nodo se muestra en la fig. 5.4.2.11.



FIG. 5.4.2.11
TRAFICO DEL NODO CEIBOS

NODO ORO VERDE.-

En este nodo tenemos la siguiente distribución de tráfico de datos:

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 4 OC-3

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 620 Mbps

Este volumen de tráfico puede ser manejado por las dos interfaces OC-48. El nodo Oro Verde se muestra en la figura 5.4.2.12.



FIG. 5.4.2.12
TRAFICO DEL NODO ORO VERDE

NODO URDESA.-

El nodo Urdesa, fig. 5.4.2.13, posee como tráfico de ingreso 5 puertos OC-3 y 1 puerto OC-12.

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = $(5 \times \text{OC-3}) + (1 \times \text{OC-12}) = 465 + 622$

Máximo tráfico de salida al backbone ATM = 1087 Mbps.

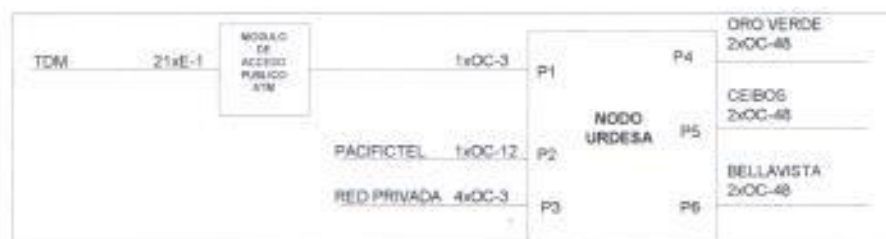


FIG. 5.4.2.13
TRAFICO DEL NODO URDESA

5.4.3 CONECTIVIDAD DE LOS NODOS DE LA RED PUBLICA ATM.

La demanda en el tráfico de datos que tendrá el backbone ATM definirá el tipo de puerto que se seleccionará para establecer la comunicación entre cada uno de los nodos ATM. Del cálculo que se realizó en subcapítulos anteriores se determinaron tasas de transmisión diferentes entre los enlaces existentes entre cada nodo; así, la tasa de transmisión más alta que se demandará de la red es aquella que corresponde al nodo Centro cuyo valor llega a los 3728 Mbps, este valor es el 74.9% de la capacidad del puerto OC-48 que se recomienda para el backbone ATM.

Analizando de manera básica la conexión de cada uno de los nodos ATM al backbone de fibra óptica, debemos considerar que el número y tipo de puertos que cada nodo utilice para realizar

tal conexión debe corresponder a una tecnología común a todos los nodos.

El uso de una tecnología común a todos los nodos, como se definió en la sección anterior, no tiene como finalidad el poder facilitar el cálculo y diseño del backbone de la red pública, sino más bien el de implantar una solución que cumpla objetivos fundamentales en el diseño de una red de alcance público.

El objetivo que se pugna por alcanzar es el establecer un sistema que sea autosostenible al poder mantenerse en operación ante cualquier desastre que ocurra a nivel del backbone de fibra. Para lograr tal alcance se debe tener una red que permita manejar el tráfico de data de un enlace entre 2 nodos diferentes a través de otro enlace que parte de uno de esos nodos hacia un tercer nodo, de manera que se establece también la condición de que ese nuevo enlace esté en capacidad de manejar un volumen mayor al que originalmente estaba llevando, ver fig. 5.4.3.1.

La cantidad y tipo de los enlaces; así como el valor porcentual que el tráfico que maneja cada enlace representa para los puertos ópticos OC-48 seleccionados se muestran en la tabla 5.4.3.2. En la misma tabla se puede apreciar la capacidad de conmutación que deben tener los nodos ATM, la cual ha sido escogida utilizando como referencia la fórmula 5.4.1.3 aplicada al nodo que posee la mayor capacidad de interfaces de entrada (nodo Centro): 8 OC-3 + 4 OC-12.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del switch} &= ((6 \text{ OC-12}) \times 2) \times 1.2 = (3732 \times 2) \times 1.2 \\ &= 8956.8 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Considerando que en el mercado se ofrecen productos ATM estándares con capacidades de 10, 20, 30 y 40 Gbps, se seleccionó uno de 10Gbps ya que es el que mejor se aproxima a nuestro cálculo.

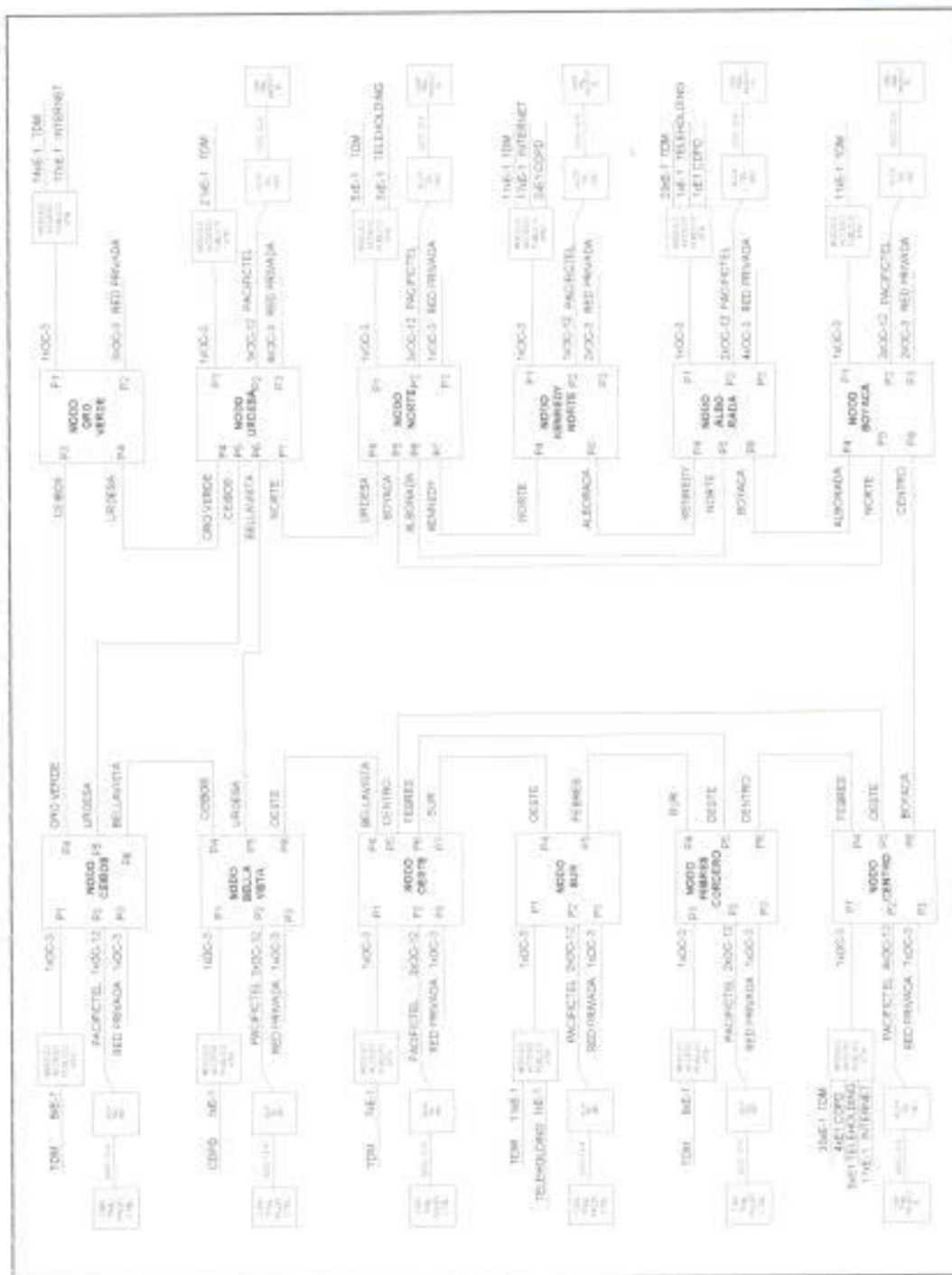


FIG. 5.4.3.1
DIAGRAMA DE LA RED PÚBLICA ATM

NODO	CAPACIDAD, MBPS, DEL PUERTO DE SALIDA AL BACKBONE ATM	PUERTO OPTICO A USARSE	NUMERO DE PUERTOS POR NODO	PORCENTAJE DE USO DE LA CAPACIDAD DEL PUERTO
ALBORADA	2719	2xOC-48	3x(2xOC-48)	54.6
BOYACA	2488	2xOC-48	3x(2xOC-48)	50
KENNEDY NORTE	1087	2xOC-48	2x(2xOC-48)	21.8
NORTE	2176	2xOC-48	4x(2xOC-48)	43.7
CENTRO	3728	2xOC-48	3x(2xOC-48)	74.9
FEBRES CORDERO	1554	2xOC-48	3x(2xOC-48)	31.2
SUR	1709	2xOC-48	2x(2xOC-48)	34.3
OESTE	2176	2xOC-48	4x(2xOC-48)	43.7
BELLA VISTA	2176	2xOC-48	3x(2xOC-48)	43.7
CEIBOS	932	2xOC-48	3x(2xOC-48)	18.7
ORO VERDE	620	2xOC-48	2x(2xOC-48)	12.4
URDESA	1087	2xOC-48	4x(2xOC-48)	21.8
CAPACIDAD DE SWITCHEO DE CADA NODO ATM	10 GBPS			

TABLA 5.4.3.2
CONEXIÓN DE LOS NODOS ATM AL BACKBONE ATM.

La cantidad de puertos de entrada para los switches que forman la red de acceso a la red pública ATM se muestra en la tabla 5.4.3.3, y en base a la capacidad y número de interfaces de entrada que posee el nodo de mayor dimensión (nodo Centro, 21x E-1) se considera una capacidad de 2.5 Gbps por ser un estándar de la industria para nodos de poca capacidad.

MODULO DE ACCESO	CANTIDAD DE PUERTOS E1	CANTIDAD DE PUERTOS OC-3
ALBORADA	22	1
BOYACA	11	1
KENNEDY NORTE	30	1
NORTE	8	1
CENTRO	61	1
FEBRES CORDERO	6	1
SUR	12	1
OESTE	7	1
BELLA VISTA	1	1
CEIBOS	6	1
ORO VERDE	31	1
URDESA	21	1
CAPACIDAD SWITCHEO DE CADA MODULO ATM		2.5 GB

TABLA 5.4.3.3
CONEXIÓN DE LOS MODULOS DE ACCESO A LA RED PUBLICA ATM.

5.4.4 APROXIMACION DE COSTOS PARA LOS NODOS ATM DE LA RED PUBLICA

Con la intención de dimensionar los costos que tendría la implementación de la red pública ATM, por lo menos en lo relativo a los nodos, se muestran valores actualizados a octubre de 1999. Los valores de la tabla 5.4.3.3 referencia a los 12 nodos ATM que constituyen el backbone de la red pública; se incluyen la cantidad y los costos requeridos para todas las interfaces OC-48 que se requieren en el diseño. Los valores que corresponden a la red de acceso a la red ATM se presentan en la tabla 5.4.3.4.

ITEM	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
CHASIS 10 GBPS SWITCH 1 Switch Control Processor Software Administración de Red	U.S. \$69.950,00	12	U.S. \$839.400,00
OC48 BOARD	U.S. \$20.000,00	72	U.S.\$1'440.000,00
OC3/SDH BOARD	U.S. \$3.499,00	68	U.S.\$237.932,00

TABLA 5.4.4.1.
COSTOS APROXIMADOS DEL BACKBONE DE NODOS DE LA RED PUBLICA ATM
FUENTE: Fore Systems Inc., Price List, Effective 1999

ITEM	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
CHASIS 2.5 GBPS SWITCH 1 Switch Control Processor Software Administración de Red	U.S. \$33.950,00	12	U.S. \$407.400,00
E-1BOARD	U.S. \$1.498,00	216	U.S.\$323.568,00
OC-3/SDH BOARD	U.S. \$3.499,00	12	U.S.\$41988,00

TABLA 5.4.4.2.
COSTOS APROXIMADOS DE LOS MODULOS DE LA RED DE ACCESO A LA RED ATM
FUENTE: Fore Systems Inc., Price List, Effective 1999

5.5 INSTALACION DEL BACKBONE DE FIBRA OPTICA EN GUAYAQUIL.

5.5.1 PLANIFICACION.-

La red de fibra óptica debe comprenderse como parte del backbone de la red digital de comunicaciones común que servirá a múltiples nodos ATM ubicados en diferentes sectores geográficos previamente seleccionados, según parámetros de tráfico y de ubicación estratégica, en la ciudad de Guayaquil. Entonces, conocida la ubicación de los nodos ATM, se debe decidir el tipo de trayecto que deberá seleccionarse para pasar la fibra óptica entre estos.

Los tipos de trayectos posibles para pasar la fibra óptica son los trayectos aéreo y subterráneo, cada uno de ellos con sus propias ventajas y desventajas, sin embargo, un parámetro decisivo para determinar el tipo de trayecto a seleccionar es aquel relativo a la seguridad física que debe brindar el tendido seleccionado. Considerando parámetros como los daños externos provocados por factores de tipo climático o ambientales, e incluso sabotajes físicos a la fibra óptica, el trayecto que se determina como el adecuado para el backbone de la red pública ATM es el subterráneo, pues es el que ofrece la mayor seguridad a cualquier instalación de fibra óptica, incluyendo protección adicional para daños provocados por la acción de roedores o cualquier otra acción similar.

Teniendo como parámetros iniciales la demanda en tasa de transmisión que tendrá cada uno de los enlaces entre módulos de la red pública ATM, y el trayecto seleccionado, se deberá seleccionar el tipo de fibra que manejará la totalidad del tráfico de datos de la red ATM. Así tenemos, con referencia a la tabla 5.4.3.1, que se requiere un tipo de fibra óptica con capacidad de manejar tasas de transmisión de hasta OC-48 por enlace entre nodos.

La planificación de la longitud apropiada para cada uno de los tramos que conformarán el

cableado total o backbone de la red pública ATM depende de la ubicación de cada uno de los nodos ATM y del trayecto físico que tomarán entre nodo y nodo. Se deberá considerar en cada tramo de fibra el número de splices, conectores permanentes, que pese a que estos aumentan las pérdidas tanto en la calidad como en la potencia de la señal que se transmiten, pueden ser necesarios debido a las grandes distancias entre los nodos ATM; por ello, es importante considerar entre las características de la fibra óptica seleccionada, la máxima longitud que esta soporta sin el uso de un splice. El uso de splice en algún tramo del backbone involucra el considerar un valor adicional (10 metros) en la longitud de cada tramo a unir por el splice; por lo tanto se debe añadir 20 metros de fibra adicional para la elaboración de cada splice.

La ubicación física exacta que tendrá cada uno de los nodos ATM debe ser tal que le permita, en la medida de lo posible, ubicarse en las proximidades de las centrales telefónicas de Pacifictel. Esta restricción se debe simplemente a cuestiones de facilidades operativas y de integración entre estos 2 grandes sistemas como son el telefónico y el de la red pública ATM. Por tal motivo la estructura del backbone de fibra óptica se basará en un sistema de ductos subterráneos que lleguen hasta las centrales telefónicas de Pacifictel.

El tipo de cable de fibra que se considera deberá ser utilizado para establecer el enlace entre los nodos ATM es aquel que permita mantener un número adecuado de fibras de respaldo. Así, determinados 2 enlaces OC-48 a existir entre 2 nodos diferentes, cada enlace utilizará 2 fibras ópticas. Obteniéndose un total de 4 fibras como mínimo para cubrir la demanda. Se establece una redundancia del 100% en cuanto al número de cables, con lo que se requerirán 4 fibras adicionales, para un total de 8. El cable que permite cubrir esta demanda en cuanto al número de fibras es aquel que ofrece un número de 12 fibras ópticas; estas 12 fibras ópticas ofrecen también la posibilidad de mantener un 100% de posibilidad de crecimiento de las 4 fibras

consideradas originalmente en el enlace entre los nodos ATM.

Estándares internacionales definidos por ANSI/TIA/EIA establecen que los enlaces de fibra de un backbone deben probarse en una dirección y en las dos longitudes de onda, es decir transmisión y recepción; sobre todo debido a que la longitud del enlace de fibra óptica y el número potencial de splices varía por condiciones del sitio. Para determinar la atenuación teórica de un enlace de fibra se usa una ecuación que basa su cálculo en la suma de pérdidas de cada uno de los componentes utilizados en la instalación de la fibra. La fórmula 5.5.1.1 determina las pérdidas teóricas totales en un sistema de fibra óptica.

ATENUACION DEL ENLACE =

ATEN. CABLE + ATEN. DEL CONECTOR + ATEN. DEL SPLICE

FORMULA 5.5.1.1

CALCULO TEORICO DE LA ATENUACION DE UN ENLACE DE FIBRA OPTICA

FUENTE: Broadband Communications. Balaji Kumar

La fórmula 5.5.1.1 será considerada en análisis posteriores para el cálculo de los valores teóricos que se deben esperar en los diferentes enlaces que componen el backbone ATM.

5.5.2 INSTALACION.-

La instalación del cableado de fibra óptica de que dispondrá la red es parte crítica para su operación y seguridad, ya que conecta a los diferentes nodos ATM entre sí. La instalación del cableado abarca no solo el tendido mismo de la fibra, sino la preparación de conectores, splices, y cuanto elemento sea necesario para realizar la conexión física a los dispositivos ATM. Habiéndose determinado el trayecto subterráneo como el adecuado para pasar la fibra óptica, se debe determinar la estructura de canalizaciones que deberá manejar toda la fibra óptica que

formará el backbone de la red.

Es así, que al haber establecido en la planificación de la red que los nodos ATM estén físicamente cercanos a las centrales de Pacifictel se tiene una alternativa muy adecuada para la canalización del backbone de fibra, como es toda la estructura de canalizaciones de que dispone Pacifictel para la interconexión de cada una de sus centrales telefónicas. Tal estructura de ductos está formada por conductos subterráneos que llevan la fibra óptica a través de diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil en donde se encuentra una determinada central telefónica de Pacifictel; por lo tanto resulta adecuado tanto económica como operativamente utilizar este mismo sistema de ductos subterráneos para el traspaso de la fibra óptica que formará el backbone de la red pública ATM.

En base al gráfico 5.2.8 que trata de la conexión de las centrales telefónicas de Pacifictel a la red ATM y a la tabla 5.3.1.2.5 que muestra los nodos de acceso a la red pública ATM, se modela la distribución definitiva que tendría el cableado entre cada uno de los nodos ATM.

En la figura 5.5.2.1 se muestra tanto la extensión que tendrá cada conexión entre los diferentes nodos ATM como la distribución que tendrá el cableado en la red pública; en este diseño de la red se seleccionan los enlaces que se consideran necesarios y que permiten mantener rutas redundantes que puedan en todo momento solucionar cualquier inconveniente con pérdidas de algún enlace. El tendido de la fibra óptica a través de las diferentes áreas seleccionadas de Guayaquil involucra considerar la longitud de fibra entre cada nodo ATM y calcular el número de conectores, empalmes subterráneos, adaptadores y demás accesorios ópticos.

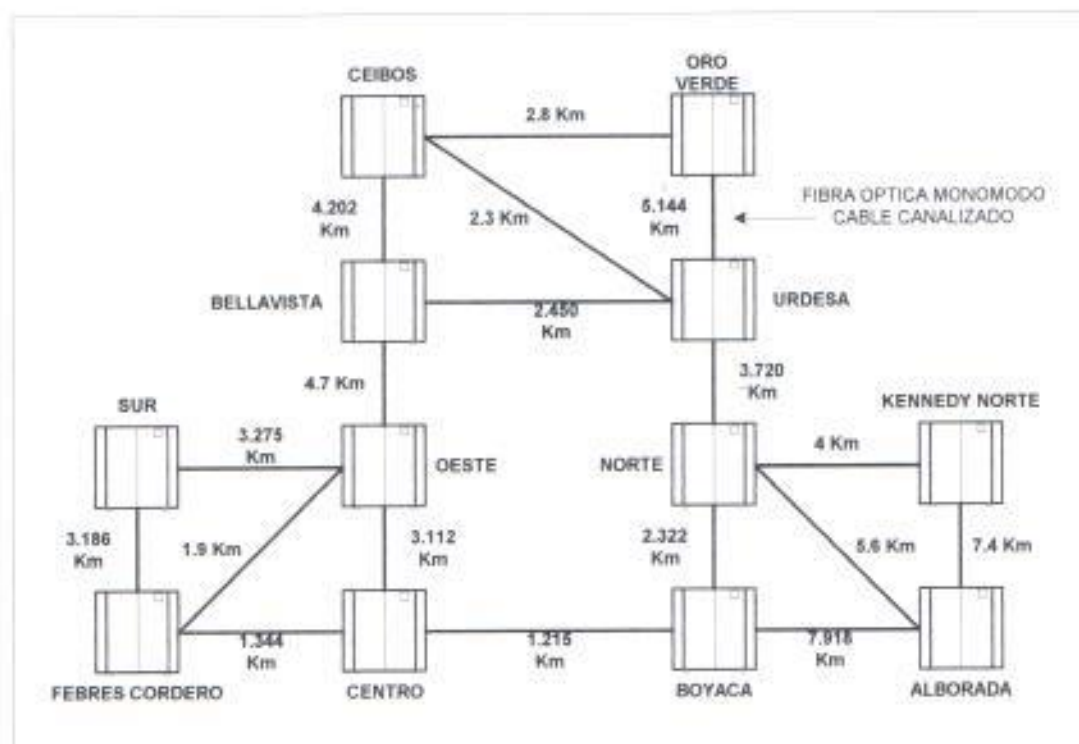


FIG. 5.5.2.1
BACKBONE DE FIBRA OPTICA DE LA RED PUBLICA ATM

La instalación de cada accesorio o dispositivo dado del backbone de fibra óptica se esquematiza en la figura 5.5.2.2; en donde se numeran la ubicación que tendrían los splices, conectores, etc., en el tendido de fibra óptica. En este esquema, el tendido de fibra óptica parte desde un nodo ATM cualquiera hacia otro, y en el trayecto se considera necesario el uso de 1 splice por cada tramo de 2 Km de fibra óptica.



FIG. 5.5.2.2
ESQUEMA DEL TENDIDO DE FIBRA ENTRE 2 CLOSETS DE COMUNICACIONES
FUENTE: Fiber Optics Technician's Manual, Jim Hayes.

En la tabla 5.5.2.3 se detalla la cantidad exacta de empalmes subterráneos (splices) requeridos por cada 2 Km de tendido de fibra óptica. Los terminales ópticos se necesitan para acoplar cada tendido de fibra óptica que finaliza o llega hasta el patch, en donde se acoplan a un extremo de los adaptadores, ubicados en el patch panel. A su vez, en el otro extremo de los adaptadores se acoplan los cordones monomodos. Estos cordones monomodos partirán desde el patch panel hasta cada tarjeta OC-48, de un nodo ATM, que se requiera para atender un tendido de fibra entre 2 nodos cualquiera.

Los cordones monomodos consisten de 2 fibras ópticas, una fibra para transmisión y otra para recepción, es decir, se destina un cordón por cada puerto OC-48. A su vez, cada tendido de fibra óptica requiere 4 puertos ópticos para fibra monomodo, 2 de transmisión y 2 de recepción, dado que se contempló en el diseño 2 interfaces OC-48 por enlace. En el detalle mostrado en la

ENLACES ENTRE NODOS ATM	EXTENSION DE FIBRA ENTRE NODOS (KM)	KIT EMPALME SUBTERRANEO	TERMINALES OPTICOS			
			TERMINAL OPTICO 19" PARA CABLE 4 PARES	ADAPTADOR MONOMODO	ARMARIOS PARA ELEMENTO ACTIVO	CORDON MONOMODO
CEIBOS-ORO VERDE	2.800	1	4	4	1	2
BELLAVISTA-CEIBOS	4.202	2	4	4	1	2
BELLAVISTA-URDESA	2.450	1	4	4	1	2
CEIBOS-URDESA	2.300	1	4	4	0	2
URDESA-ORO VERDE	5.144	3	4	4	1	2
BELLAVISTA-OESTE	4.700	2	4	4	0	2
SUR-OESTE	3.275	1	4	4	1	2
NORTE-ALBORADA	5.600	2	4	4	0	2
FEBRES CORDERO-OESTE	1.900	0	4	4	0	2
SUR-FEBRES CORDERO	3.186	1	4	4	1	2
OESTE-CENTRO	3.112	1	4	4	1	2
FEBRES CORDERO-CENTRO	1.344	0	4	4	1	2
NORTE-KENNEDY NORTE	4.000	2	4	4	1	2
KENNEDY NORTE-ALBORADA	7.400	3	4	4	1	2
NORTE-BOYACA	2.322	1	4	4	1	2
CENTRO-BOYACA	1.215	0	4	4	0	2
BOYACA-ALBORADA	7.918	3	4	4	1	2
URDESA-NORTE	3.720	1	4	4	0	2

TABLA 5.5.2.3
DETALLE DE CONEXION DE LOS ENLACES ENTRE NODOS ATM

tabla 5.5.2.4 se puede apreciar también la cantidad de armarios para elementos activos, los que soportan a cada patch panel, por lo que se considera que un armario incluye un patch panel. La cantidad de armarios por cada nodo es de una unidad, esto se aprecia en el enlace Ceibos - Oro Verde, tabla 5.5.2.4, en donde se considera 1 armario para el nodo de Ceibos. En el enlace de Bellavista - Urdesa se considera también 1 armario que corresponde a Urdesa, por lo que en el detalle del enlace Ceibos - Urdesa no se considera armario para ninguno de los 2 nodos, debido a que ya se consideró un armario para cada nodo en los 2 enlaces anteriormente mencionados, Ceibos - Oro Verde y Bellavista - Urdesa. Este tipo de conexión se puede apreciar en la figura 5.5.2.4.

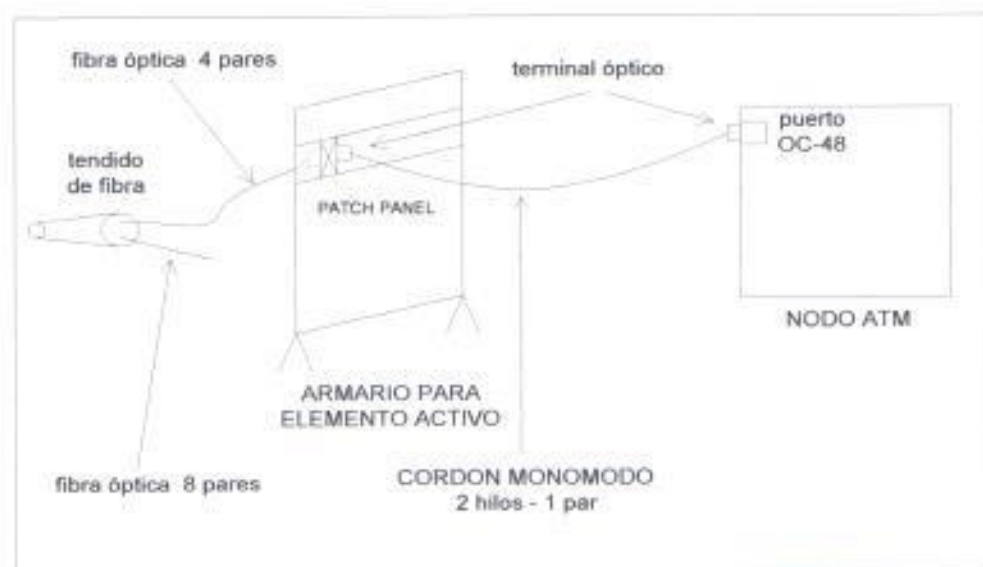


FIG. 5.5.2.4
CONEXION DE FIBRA OPTICA EN EL CLOSET DE COMUNICACIONES

En la figura 5.5.2.4 se puede apreciar que de los 12 hilos, 6 pares, con que cuenta el tendido de fibra óptica, tan solo 4 hilos se utilizan; de tal manera que quedan 8 hilos libres. De los 8 hilos libres, 4 se consideran de respaldo a los 4 hilos en uso y los 4 hilos restantes para asumir algún crecimiento que se de en la red.

5.5.3 MANTENIMIENTO.-

El mantenimiento de una red de fibra óptica es sumamente crítico, pues la integridad del cable en canalizaciones se ve afectado por varias condiciones externas como roedores, humedad, maltratos por personal ajeno al manejo de la fibra, variaciones de temperatura, etc. Crear una política de mantenimiento es clave para enfrentar y solucionar problemas que se presentan en la red, y de esta manera poder garantizar la operación del sistema, minimizar los tiempos de solución a fallas de la fibra y disponer de caminos alternos en buen estado.

La existencia de enlaces redundantes entre los switches permiten tomar la ventaja de poder realizar mantenimientos correctivos a un determinado enlace de fibra, al poder aislar un tramo sin que se corte la comunicación entre 2 switches ATM. Consideremos el caso de establecer la situación del enlace entre los nodos Ceibos y Bellavista, fácilmente se aísla este enlace, pues los enlaces Urdesa y Bellavista, y Urdesa-Ceibos están en capacidad de restablecer y manejar la comunicación entre Ceibos-Bellavista. El esquema de la figura 5.5.3.1 muestra esta situación:

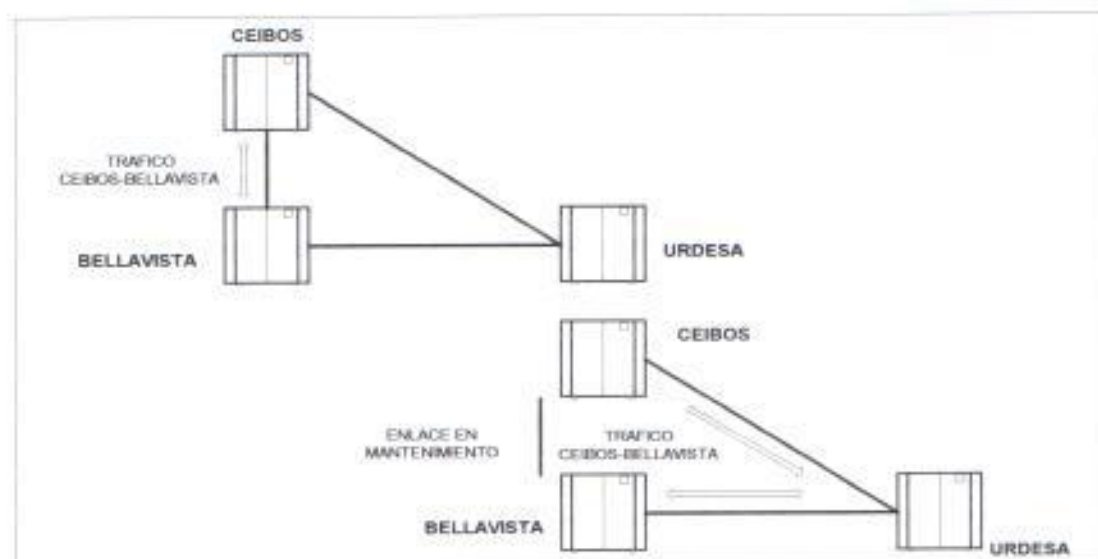


FIG. 5.5.3.1
BACKBONE DE FIBRA OPTICA DE LA RED PUBLICA ATM

La capacidad de que un enlace de fibra, entre dos nodos cualquiera, pueda manejar el tráfico de un enlace diferente, tal cual se pretende mostrar en la fig. 5.5.3.1, depende del uso porcentual que posea del tráfico de la red pública con relación al tráfico total de esta misma red. Si nos referimos al gráfico 5.4.3.1, podemos afirmar que el diseño considerado para la red pública permite que la caída de un enlace no trunque el tráfico entre los 2 nodos afectados, pues este tráfico puede ser manejado a través de los enlaces de fibra con un tercer nodo, que para el gráfico 5.5.3.1 sería el nodo Urdesa.

Considerando que el mantenimiento de un red pública no solo depende de las seguridades que se tomen en cuanto a enlaces redundantes, sino también de conocer cuáles son los parámetros del cable de fibra óptica que pueden sufrir efectos negativos ante ciertas influencias externas como cambios de temperatura, abuso en la distancia a cubrir por la fibra, etc., se realiza un análisis de una propiedad óptica de la fibra que es altamente influyente para su correcto desempeño. La propiedad de la fibra que se considera es la atenuación, que es una medida en decibelios de las pérdidas de los niveles de potencia óptica. La atenuación total es afectada por las propiedades físicas de los conectores, adaptadores, switches y cualquier otro dispositivo utilizado para unir y terminar el cable de fibra; maltratar la fibra en momentos de la instalación también contribuye a aumentar las pérdidas en la fibra. Una medida de la atenuación existente entre cada uno de los enlaces de fibra entrega las pérdidas de potencia óptica entre estos dos puntos, los valores varían según los equipos de transmisión y el diseño del sistema.

La atenuación teórica para los enlaces de la red pública ATM se consideran en base a la fórmula 5.5.1.1. Los valores esperados se muestran en un análisis posterior.

<p>ATENUACION DEL ENLACE =</p> <p>ATEN. CABLE + ATEN. DEL CONECTOR + ATEN. DEL SPLICE</p>

FORMULA 5.5.1.1**CALCULO TEORICO DE LA ATENUACION DE UN ENLACE DE FIBRA OPTICA****FUENTE:** Broadband Communications. Balaji Kumar.

siendo :

Atenuación del cable (dB) =
 (coeficiente de atenuación del cable (dB/Km)) X (longitud del cable (Km))

Atenuación del splice (dB) =
 (número de splices) X (pérdidas de los splices (0.2 dB))

Atenuación del conector (dB) =
 (número de conectores pares) X (pérdidas por conector (0.5 dB))

El coeficiente de atenuación del cable de fibra es una característica óptica cuyo valor es de 0.5 dB/Km.

De tal manera es posible determinar las pérdidas teóricas esperables en cada uno de los enlaces de fibra óptica de la red pública ATM, estos valores teóricos se muestran en la tabla 5.5.3.2. Los valores mostrados en esta tabla deberán compararse con aquellos valores de atenuación medidos de manera práctica, en base a la potencia de transmisión (P_{out}) y a la de recepción (P_{in}) de los nodos ATM. La fórmula utilizada para determinar los valores reales es la que corresponde a la ecuación 5.5.3.3.

ENLACE	ATENUACION DEL CABLE (DB)	ATENUACION DEL SPLICE (DB)	ATENUACION DE CONECTOR (DB)	ATENUACION DEL ENLACE (DB)
CEIBOS – ORO VERDE	1.400	0.2	2	3.6
BELLAVISTA – CEIBOS	2.101	0.4	2	4.501
BELLAVISTA – URDESA	1.225	0.2	2	3.425
CEIBOS – URDESA	1.150	0.2	2	3.350
URDESA – ORO VERDE	2.572	0.6	2	5.172
BELLAVISTA – OESTE	2.350	0.4	2	4.750
SUR – OESTE	1.635	0.2	2	3.835
NORTE – ALBORADA	2.800	0.4	2	5.2
FEBRES – OESTE	0.950	0	2	2.950
SUR – FEBRES	1.593	0.2	2	3.793
OESTE – CENTRO	1.556	0.2	2	3.756
FEBRES – CENTRO	0.672	0	2	2.672
NORTE – KENNEDY	2.000	0.4	2	4.4
KENNEDY – ALBORADA	3.700	0.6	2	5.3
NORTE – BOYACA	1.161	0.2	2	3.361
CENTRO – BOYACA	0.608	0	2	2.608
BOYACA – ALBORADA	3.959	0.6	2	6.559
URDESA – NORTE	1.860	0.2	2	4.06

TABLA 5.5.3.2
PERDIDAS TEORICAS MAXIMAS POR ENLACES

$$\text{ATENUACION DEL ENLACE (dB)} = - 10 \log (P_{\text{out}} / P_{\text{in}})$$

FORMULA 5.5.3.3**CALCULO PRACTICO DE LA ATENUACION DE UN ENLACE DE FIBRA OPTICA**

FUENTE: Understanding Fiber Optics. Jeff Hecht

Al igual que la atenuación, una característica adicional que debe conocerse para establecer tareas de mantenimiento es el tipo de cable a utilizarse; pues el pleno conocimiento del tipo de cable permite establecer políticas emergentes para ampliar el número de enlaces con el uso de pares de fibras adicionales, o también conocer las características ópticas necesarias en ciertos análisis o comportamientos del rendimiento del backbone ATM. El tipo de cable que se ha considerado es el conocido como "estructura libre en tubo", con el que es posible aislar la fibra de fuerzas mecánicas externas al estar contenida esta fibra en un tubo plástico que tiene un diámetro interior considerablemente más grande que la misma fibra. El interior del tubo plástico es usualmente relleno con gel de petróleo. El alma del cable está formado por módulos ópticos y pares de cobre, entrelazados en forma de hélice alrededor de un refuerzo mecánico central que consiste de un cable de acero de 19 hilos de diámetro de 0.6 mm, recubierto con una capa de polietileno.

La cubierta de impermeabilidad es de una cinta de aluminio de 0.15 mm de espesor, recubierta de polietileno aplicado longitudinalmente sobre el alma; exteriormente su cubierta consiste de una capa de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor promedio; el núcleo de fibra monomodo está formado por silicio y posee un diámetro de 9 micrómetros por donde circula la información o emisión de láser; para dirigir la información el núcleo de silicio interno (con índice de refracción $N = 1$) se rodea por otro revestimiento de silicio con índice de refracción inferior al anterior. Las características particulares de la fibra como resistencia mecánica y flexibilidad

son garantizadas por el revestimiento de pluriestrato de resinas silicónicas y polietileno que se encuentra envolviendo al núcleo. El cable de fibra óptica que se considera para formar el backbone es aquella que lleva 12 fibras ópticas distribuidas en 2 tubos ópticos, la identificación de los tubos es la siguiente:

TUBO	COLOR
1	AZUL
2	AMARILLO

TABLA 5.5.3.4
DISTRIBUCION DE LOS TUBOS EN LA FIBRA OPTICA.
FUENTE: Belden Master Catalogo 1999

Y en cada tubo óptico, cada una de las 12 fibras se reconoce por los siguientes colores:

FIBRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
COLOR	AZUL	AMARILLO	VERDE	ROJO	CAFE	BLANCO	AZUL	AMARILLO	VERDE	ROJO	CAFE	BLANCO

TABLA 5.5.3.5
IDENTIFICACION DE LAS FIBRAS EN CADA TUBO OPTICO.
FUENTE: Belden Master Catalogo 1999

Un corte transversal del tipo de cable de fibra óptica seleccionada para la red pública ATM se muestra en el gráfico 5.5.3.6.

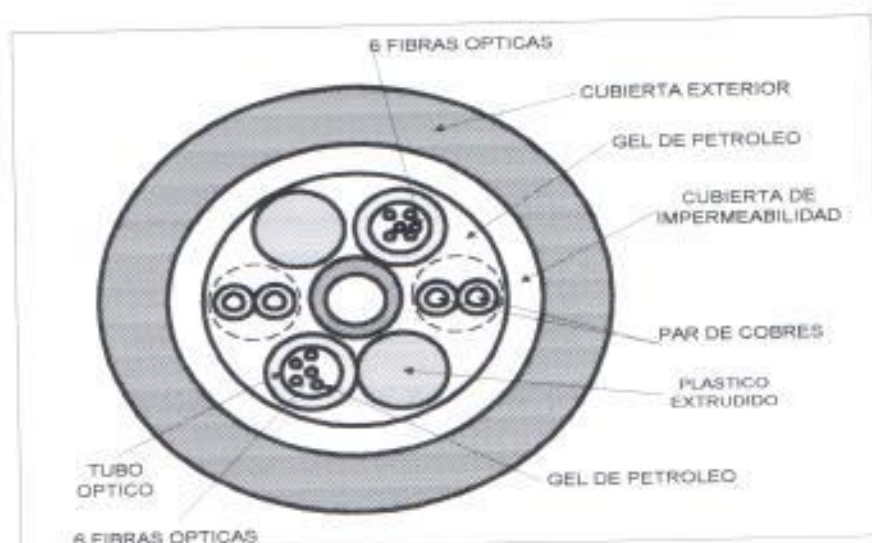


FIG 5.5.3.6
CABLE OPTICO MONOMODO DE 12 FIBRAS
FUENTE: Belden Master Catalogo 1999

5.6 ADMINISTRACION DE LA RED.

Definidas las etapas físicas de la red pública, se requiere establecer procedimientos administrativos y normas de software sobre las cuales se fundamentará la operación de la red. Estamos, por lo tanto, en la etapa que definirá las herramientas a usar para poder operar la red en su etapa inicial, mantener su eficiencia de servicio, y solucionar rápida y eficazmente problemas de tipo lógico en la red; sin olvidar que debe sostener los programas de monitoreo del funcionamiento físico de cada uno de los elementos y nodos de la red ATM.

5.6.1 ESTRATEGIA DE ADMINISTRACION

La administración de la red es un componente crítico y fundamental en el diseño y operación de toda red, sea ésta LAN o WAN; y mientras más grande y compleja lo es, establecer estructuras para su administración se vuelve aún más imprescindible. Es que la administración no solo involucra el manejo de los recursos físicos y lógicos de la red, sino que también considera y define procesos para minimizar el tiempo usualmente destinado para administrar las redes y sus costos operativos; estos costos operativos pueden ser tan simples como movilización de un usuario o servicio a otro sector físico de la red, u operaciones más complejas como la creación de varias políticas de contingencia para enfrentar cualquier emergencia que se presente en la red.

El disponer de un sistema de administración completo, que permita manejar tanto estadísticas y estatus del funcionamiento de todos los dispositivos de la red de manera que agilite y fortalezca el control de los mismos dispositivos físicos, tanto a nivel de hardware como de software, resulta necesario en la evaluación del diseño de cualquier proyecto, como el que se propone en esta tesis.

Así, la red ATM posee una tecnología de punta, compleja y amplia que permite a través de

distintos dispositivos seleccionados incorporar toda una variedad de tráfico de datos, de distintos orígenes, distintas velocidades y con distintos requerimientos de calidad de línea.

Además, la red ATM propuesta presenta entre otras características, varios caminos alternativos, posibles y existentes entre origen y destino, incluida una capacidad dinámica de adaptación a cualquier cambio físico o lógico que se dé por naturaleza fortuita o manual.

La necesidad de disponer de un sistema de administración global para el diseño propuesto, de un sistema administrativo que deba cubrir todo el backbone central de la red ATM pública a tener, extendiéndose incluso hasta aquellos dispositivos ATM instalados en el usuario final, es requisito en el diseño de la red. El sistema requerido debe basarse en normas internacionales de intercambios de información entre cada equipo que forma la red, debe de ser capaz de solicitar información a cada dispositivo, y de capturar y mostrar todo el tráfico que pasa a través de cada nodo ATM. Deberá también incorporar un sistema que posea un ambiente gráfico amigable para el administrador de la red, que sea manejado en base a la representación gráfica de cada uno de los elementos ATM que forman la red pública. Se tendría un ambiente fácil de usar a través de una visualización gráfica de la red, facilitando cualquier cambio, actualización o movimiento de los dispositivos ATM; incluyendo la implementación de soluciones dinámicas a problemas de congestión de la red.

La administración tiene como fundamento disponer de un control total de las existencias tanto físicas como lógicas en toda la red ATM, debe suministrar un esquema general del backbone de la red con cada uno de los switches que lo interconectan. De tal manera que visualizando los dispositivos, se debe poder obtener información más detallada de éstos; dicho detalle debe de involucrar la configuración, estado de los puertos, estadísticas, incluyendo tablas de direcciones

de redes físicas o lógicas existentes en la configuración de determinado dispositivo, además de usar indicadores de color para mostrar el estado de enlaces, el estado de los paneles frontales de cada dispositivo, tener utilitarios gráficos e información de contadores de error.

El uso real de la red debe ser posible monitorearlo, colectarlo y analizarlo en un tiempo real, de tal manera que permita examinar el comportamiento de ciertas aplicaciones críticas a través de los enlaces y anchos de banda asignados a ellas. Pero sin duda la utilización más relevante que se puede dar a la recolección o uso histórico de la red es el de poder generar, a partir de los datos que indican el volumen de tráfico sobre el tiempo en un enlace, una contabilidad general o un reporte de cuentas de su uso. Esta contabilidad general, y también al detalle del uso de enlaces, permitirá definir una sólida estructura administrativa, que manejaría la generación de reportes y los costos económicos que deberían ser cargados a los usuarios de la red.

Centralizar el control y administración de la red permitirá manejar remotamente cualquiera de los dispositivos ATM, se podrá establecer circuitos virtuales permanentes, conmutados; configurar puertos, módulos, tipos de señalización y direccionamiento. Permitiendo realizar seguimiento de fallas en forma jerárquica a través de diferentes niveles en que un sistema administrativo puede modular una red.

La existencia de servicios diferentes dentro de la red pública ATM involucra la necesidad de crear redes lógicas que se establecen por enlaces directos; el servicio de transporte de tráfico ATM puro será posible brindarlo en aquellas redes que integran un módulo de tráfico ATM como es el caso del tráfico de redes de área local.

Cada una de las redes lógicas creadas tendrá un esquema individual de administración que defina

y mantenga reglas que se ajusten al tipo de servicio que se brinda. Es así, que para integrar los servicios inalámbricos, que se manejan a través de TDM en las redes tradicionales, se considera que los enlaces hacia la red pública ATM deben contar con un ancho de banda constante, muy diferente a los enlaces que se ofrecen para otros servicios en donde el ancho de banda que se establece es dinámico. La razón para establecer estos enlaces estáticos se debe al hecho de que no existe un módulo de red que convierta las señales TDM en celdas ATM, y por lo contrario lo que se necesita para transportar este tipo de información es la creación de un camino directo entre el nodo origen, y el nodo destino.

Es decir que la estrategia de administración de la red también se basa en la conducción del tráfico que en ella existe, pero este tráfico está formado por los diferentes servicios que se transportarán a través de la red; y cada uno de estos servicios, con su característica propia de requerimiento de enlace estático o dinámico, tendrá una relación muy directa con la naturaleza del tráfico que transporta. Es visible que la administración que requerirán los enlaces dinámicos es mucho más compleja que la que requerirán los enlaces estáticos; debido al hecho de no estar predefinidos sino, por lo contrario, se establecen al momento de iniciarse una transmisión.

5.6.2 HERRAMIENTAS DE ADMINISTRACION

Grupos internacionales como International Telecommunication Union Telecommunications (ITU-T), ATM Forum, Engineering Task Force (IETF) e Internet, han definido series de estándares que deberá cumplir todo nodo ATM. Entre los estándares se encuentran bases de información (MIBs) que permiten el monitoreo y configuración de características de los nodos ATM. Con el uso de estándares SNMP un nodo deberá proporcionar niveles de administración y configuración que faciliten el desarrollo de herramientas de software basadas en interfaces gráficas en línea, las que permiten mostrar de manera gráfica una conexión en el momento en que se establece;

permitiendo solucionar gran parte de los problemas lógicos.

Existen, además, herramientas recientes que habilitan capacidades para un monitoreo remoto aún más profundo a nivel físico como son las especificaciones IETF Remote Monitoring (RMON) que incluyen soporte para ATM. Las especificaciones ATM RMON definen componentes que junto con elementos de monitoreo adicionales, más complejos y sofisticados, son soportados en analizadores ATM externos; esto permite a un administrador disminuir el ancho de banda que usan los programas de administración, pues RMON optimiza el monitoreo de dispositivos ya que no requiere, contrario de la administración SNMP, una conexión permanente con los elementos monitoriados, tan solo recibe una notificación cuando un error o condición de excepción ocurre.

Sumado a estas características se encuentra el soporte que poseen los nodos para el estándar "ATM Operations, Administration and Maintenance (OAM)" para el flujo de celdas ATM, que son de importancia considerable, pues a partir de tal soporte se obtiene una detección y una notificación de fallas o caídas de enlaces y conexiones entre los nodos o switches ATM.

Todas estas capacidades y características junto con un hardware dedicado en cada switch, muy necesario para la colección de estadísticas de tráfico en tiempo real, permitirán almacenar una gran cantidad de estadísticas de la red. Sin embargo, ésta capacidad de almacenamiento depende del nivel y de la cantidad de hardware que cada switch tenga añadido en su fabricación, y que se dedica a la tarea de coleccionar datos.

De cada una de estas características deben estar colmados los programas de administración de la red ATM a establecerse en Guayaquil, creándose un sitio que tendrá centralizado el control y el análisis del comportamiento de la red. Pudiendo a base de estos programas establecer de

manera muy cierta y real el estado de cualquiera de los switches ATM, independientemente del sector de la ciudad en que se encuentren; puede, además, tener conocimiento de cualquier enlace caído y de las rutas alternas por las que se desvía el tráfico de manera automática entre los nodos origen y destino. A partir de este control se pueden definir nuevas rutas entre diferentes usuarios o crear políticas de control para el tipo y cantidad de tráfico en forma dinámica.

5.6.3 POLITICAS DE ADMINISTRACION.

Política fundamental de administración son las definiciones lógicas que deberán realizarse en los diferentes nodos que conforman la red ATM, estas definiciones establecerán diferentes rutas o caminos virtuales que tendrán los diferentes servicios a prestarse en la red. Cada una de estas definiciones lógicas deberán establecerse en detalle, incluyendo en que nodo ATM se definen, el puerto de entrada que tendrán en el nodo y el puerto o puertos de salida que usarán en el mismo nodo, el ancho de banda y el nodo ATM a requerir para restablecer el enlace.

5.6.3.1 CONFIGURACION LOGICA DE UN NODO

Para un análisis de definiciones lógicas en la red pública ATM se analizará un nodo en particular, en el cual se definirá el detalle de conexión que involucra su integración al backbone de fibra óptica, incluyendo los puertos a definirse por cada servicio que entre o salga del nodo. El nodo seleccionado para el análisis es el nodo Alborada, el cual se muestra en detalle en el gráfico 5.6.3.1.1.

El nodo ATM de Alborada posee 3 puertos de entrada y 3 puertos de salida, para cada uno de los puertos, el de entrada o el de salida, deberá establecerse el tipo de conexión a definirse; este análisis comprende definir para cada enlace físico, los caminos virtuales (Virtual Path, VP) requeridos para manejar los canales virtuales (Virtual Channel, VC)

que se necesitan. Para cada uno de los puertos de un módulo se definirán los VP/VC que se requieren, aclarando a que tipo de servicio o nodo de entrada sirve.

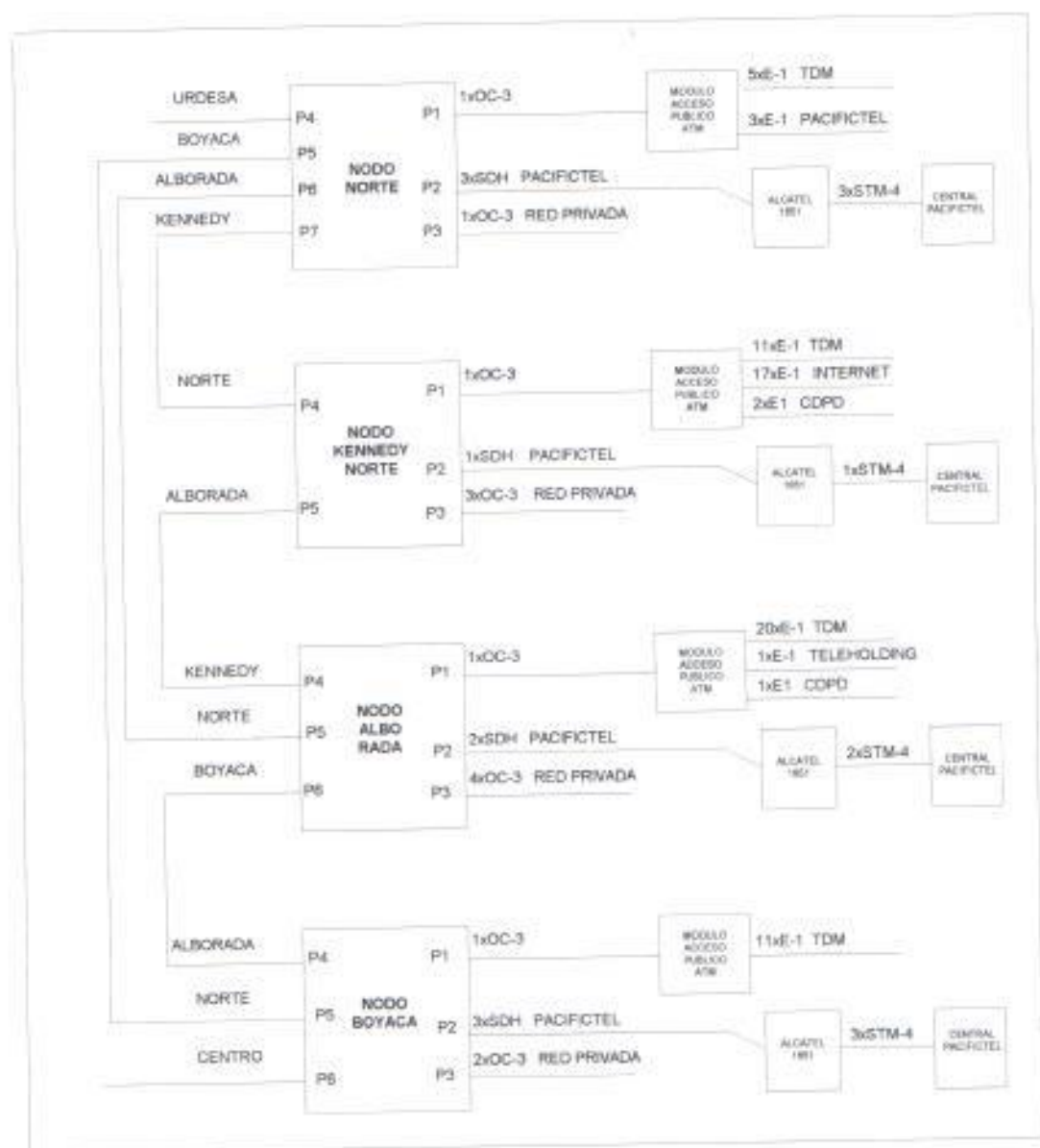


FIG. 5.6.3.1.1 CONFIGURACION DE UN NODO MODELO: NODO ALBORADA

5.6.3.1.1 CONFIGURACION DE LOS PUERTOS DEL NODO ALBORADA

El análisis de cada uno de los puertos se hará por separado, especificando las configuraciones lógicas necesarias para crear una tabla de conmutación muy adecuada para el diseño inicial de la red ATM.

PUERTO DE ENTRADA P1. El puerto P1 maneja un nodo de acceso público ATM que brinda servicio a enlaces TDM, Teleholding y CDPD, los que deben de ser predefinidos pues son de naturaleza punto a punto.

Consideraremos por ejemplo que se pretende dar servicio de enlaces TDM a una empresa ubicada en el nodo Kennedy Norte, significa esto que el nodo Alborada tendrá un punto extremo de la conexión, y el nodo Kennedy Norte el otro extremo; indiferentemente de si son nodo origen o nodo destino, o si la comunicación establecida es de envío o recepción, pues este detalle lo maneja internamente TDM. La consideración para el análisis de enlaces CDPD y Teleholding es que estos enlaces tienen como destino el nodo Centro, por lo que se manejan a través del puerto P6 del nodo Alborada hasta ingresar al puerto P4 del nodo Boyaca, y desde este nodo llegar hasta el nodo destino Centro.

Por simplicidad, y por resultar práctico para el análisis, se asumirá que de los 20 enlaces TDM, 10 de ellos están destinados a una determinada empresa y los 10 restantes a otra. La definición de los VP/VC para el módulo de acceso público ATM se muestra en el gráfico 5.6.3.1.1.1.

PIERTO DE ENTRADA			PUERTO DE SALIDA	
SERVICIO	VC	VP	VC	VP
TDM 20 enlaces	10 10	2	4	1
TELEHOLD. 1 enlace	1	1		
CDPD 1 enlace	1	1		

TABLA 5.6.3.1.1.1
DEFINICION DE VP/VC EN MODULO DE ENTRADA AL PUERTO 1 DE ALBORADA

Analizando la tabla 5.6.3.1.1.1 se establecen 3 tipos de servicios: TDM, CDPD y Teleholding, que por tratarse de servicios diferentes se definen a través de un VP diferente. Analizando con más detalle la cantidad de enlaces que posee cada uno de los 3 servicios, tenemos que TDM contribuye con 20 enlaces, 10 pertenecientes a una empresa y los 10 restantes a otra, por lo que se definen 20 VC, los cuales se manejan en 2 VP de 10 enlaces cada uno para así poder establecer 2 rutas virtuales independientes para cada empresa.

Teleholding contribuye con un enlace, por lo que se establece 1 VC para poder manejar su enlace, CDPD posee también 1 enlace, por lo que se define 1 VC para manejar su único enlace. Para manejar cada uno de los VC, 2 en total, se establecen 2 VP.

Definidos los VC y VP en el puerto de entrada del módulo de acceso público, se requiere definir los mismos identificadores para el puerto de salida. Sin embargo, debido a que el nodo de acceso público ATM solo tiene 1 puerto físico de salida, el mismo que se conecta con el puerto P1 del nodo Alborada,

todo el tráfico de salida debe ser encaminado por una única ruta virtual (VP) que maneja 4 canales virtuales (2 de TDM, 1 para Teleholding y 1 para CDPD).

Establecidos los VP y VC necesarios en el módulo de acceso público, se debe de realizar las definiciones necesarias para la tabla de mapeo de circuitos ATM del nodo Alborada. La identificación de un circuito ATM se realiza en base a un VP descrito por un Virtual Path Identifier (VPI), y un VC, que se identifica por la combinación de un VPI y un Virtual Channel Identifier (VCI). Todos los VPI y VCI tienen un significado local en cada módulo ATM y deben ser luego remapeados en cada uno de los módulos de la red. Entonces, la tabla de mapeo es la que establecerá la relación entre los VPI/VCI en la entrada y en la salida del nodo.

En condiciones normales los módulos ATM ubican las conexiones UNI dentro de VPI = 0, en base a esta consideración se trabajará con los enlaces de entrada del módulo Alborada. Los valores de cada VCI serán tomados aleatoriamente, sin ninguna otra referencia que la de asignarla a un mismo servicio. La tabla final de ruteo o mapeo queda según se muestra en la tabla 5.6.3.1.1.2.

En la tabla 5.6.3.1.1.2 se define el puerto de entrada, P1, al que corresponden los 4 VC definidos en el puerto de salida de la tabla 5.6.3.1.1.1. A su vez en la columna puerto de salida de la tabla 5.6.3.1.1.2, se definen los puertos por los que se enruta el tráfico. Para el caso de tráfico con destino Kennedy Norte, el puerto será P4; y para el tráfico con destino temporal Boyaca, el puerto será P6. En la definición de los VPI para cada NNI en el puerto de salida del nodo

ATM se considera un valor de VPI=0 debido a que se ha preferido mantener el número VPI de la entrada:

ENTRADA (UNI)		SALIDA (NNI)	
PUERTO	VPI/VCI	PUERTO	VPI/VCI
1	0/37	4	0/65
1	0/56	4	0/76
1	0/23	6	0/37
1	0/34	6	0/56

TABLA 5.6.3.1.1.2

TABLA DE MAPEO DEL PUERTO DE ENTRADA P1

PUERTO DE ENTRADA P2. En este puerto se establece la conexión del nodo de acceso que utiliza la central telefónica de Alborada para ingresar a la red ATM; el detalle de tal enlace es bastante amplio por lo que resulta necesario su análisis.

La puesta en operación del servicio a las centrales telefónicas públicas se basa en la tecnología de transmisión que utilizará Pacifictel para entregar el tráfico de su central al nodo público ATM. Esta facilidad de acceso a la red ATM recae en los equipos de transmisión Alcatel 1651SM que requerirán 2 puertos ópticos en el nodo ATM de Alborada, como se anotó en la tabla 5.3.3.4.2.

El tráfico telefónico entrará a la red ATM utilizando puertos STM-4, este tráfico se transmitirá hacia la central telefónica destino de Pacifictel según lo indiquen las celdas SDH entregadas por el equipo Alcatel 1651. La capacidad del puerto P2 será de 2 enlaces STM-4, en los que no será de utilidad definir VC, pues el sistema lo hará dinámicamente y se lo define como un servicio

SVC (Switched Virtual Connection).

ENTRADA		SALIDA	
PUERTO	VPI/VCI	PUERTO	VPI/VCI
SVC	SVC	SVC	SVC

TABLA 5.6.3.1.1.3
TABLA DE MAPEO DEL PUERTO 2

PUERTO DE ENTRADA P3. Se trata del servicio a ofrecer a redes privadas de datos, de tal manera que será necesario utilizar ELAN por cada enlace, tal definición realizará una correspondencia o mapeo entre un VP y un ELAN correspondiente. Es decir, definida la comunidad de ELAN, 5 en total, el transporte es a base de celdas y en forma dinámica.

ENTRADA		SALIDA	
PUERTO	VPI/VCI	PUERTO	VPI/VCI
SVC	SVC	SVC	SVC

TABLA 5.6.3.1.1.4
TABLA DE MAPEO DEL PUERTO 3

Nodo Kennedy Norte. Para complementar el análisis hecho para el nodo Alborada, revisaremos la distribución del tráfico que ha recibido a través del puerto P5 el nodo Kennedy Norte. Consideraremos el destino que tendría éste bajo las siguientes circunstancias:

10 enlaces TDM de una empresa tienen como destino Kennedy Norte

10 enlaces TDM de una empresa tienen como destino el nodo Norte

Con lo cual tendríamos la siguiente tabla:

ENTRADA (UNI)		SALIDA	
PUERTO	VPI/VCI	PUERTO	VPI/VCI
5	0/65	P1	0/93 (UNI)
5	0/76	P4	0/65 (NNI)

TABLA 5.6.3.1.1.5
TABLA DE MAPEO DEL NODO KENNEDY NORTE, TRAFICO INGRESO P5

5.6.3.1.2 ORGANIZACIÓN DE LA RED

Teniendo como criterio primario establecer una estructura de administración que simplifique el manejo, el dominio y el control de la red pública ATM, es necesario definir una administración jerárquica o segmentada de la red, que facilite poder agrupar determinados nodos ATM y así crear zonas lógicas de nodos que son independientes entre sí, a nivel de administración de problemas, intercambio de información, direccionamiento, crecimientos o cualquier otro inconveniente que se presente en el funcionamiento normal de la red.

Una segmentación como la que se desea es posible lograr en base a esquemas de señalización y de direccionamiento, e incluso de grupos jerárquicos que se forman en una red pública en base a conceptos de ruteo ATM. Se establece así, una distribución de la topología de la red según una creación de grupos jerárquicos, los que se definen en estándares creados para la interconexión de interfaces ATM, o de nodos ATM. Tales estándares se denominan Public Network to Node Interface, Public NNI.

La definición de NNI establece la creación de múltiples grupos jerárquicos dentro de una red pública, y en base a estos criterios aplicados a la red pública

ATM que se diseña para la ciudad de Guayaquil, se establecen según el gráfico 5.5.2.1 la creación de grupos jerárquico o Peer Groups. Considerando que son 12 nodos a establecer en la red, el agruparlos por área facilita la administración por lo que se consideran grupos que mantengan un número adecuado de nodos, y una ubicación geográfica cercana. Así, se definen 3 áreas: Norte, Norte-Oeste y Centro.

Cada uno de los Peer Groups estará formado por 4 nodos, que cumplen los procesos de ruteo y niveles de administración independientes entre ellos. En el interior de cada uno de estos grupos se definen los nodos que serán los que se encarguen de intercambiar información de accesibilidad con los grupos vecinos. Así, tenemos la siguiente definición de niveles jerárquicos de la red pública ATM, figura 5.6.3.1.2.1.

En el gráfico 5.6.3.1.2.1 se definen 3 Peer Group o niveles jerárquicos, a saber Peer A, Peer B y Peer C. Estos Peer Groups son independientes entre ellos de tal manera que cualquier intercambio de información se realiza dentro de los límites de cada Peer Group, sin tener necesidad de que la información de un grupo circule en otro grupo sino por lo contrario, cada uno de los grupos tendrá un nodo líder (Peer Group Leader, PGL), que mantendrá la información de la topología del grupo, e intercambiará esta información con el PGL de un Peer Group contiguo.

Para nuestro ejemplo, mostrado en la fig. 5.6.3.1.2.1, los PGL se han definido como A.1x, B.1x, C.1x para los Peer Groups A, B y C respectivamente

debido a que su elección es dinámica, pues dependerá de variables como la definición de un Peer Group Identifier (ID) asignado al momento de configurar cada nodo, y del protocolo Hello con que se intercambian mensajes los nodos.

Adicionalmente, en el límite de cada Peer Group se definirán dos Border Node, que delimitarán el intercambio de información de cada grupo. Para nuestro ejemplo, los border node son A.1.3, A.1.4, B.1.2, B.1.4, C.1.1 y C.1.3.

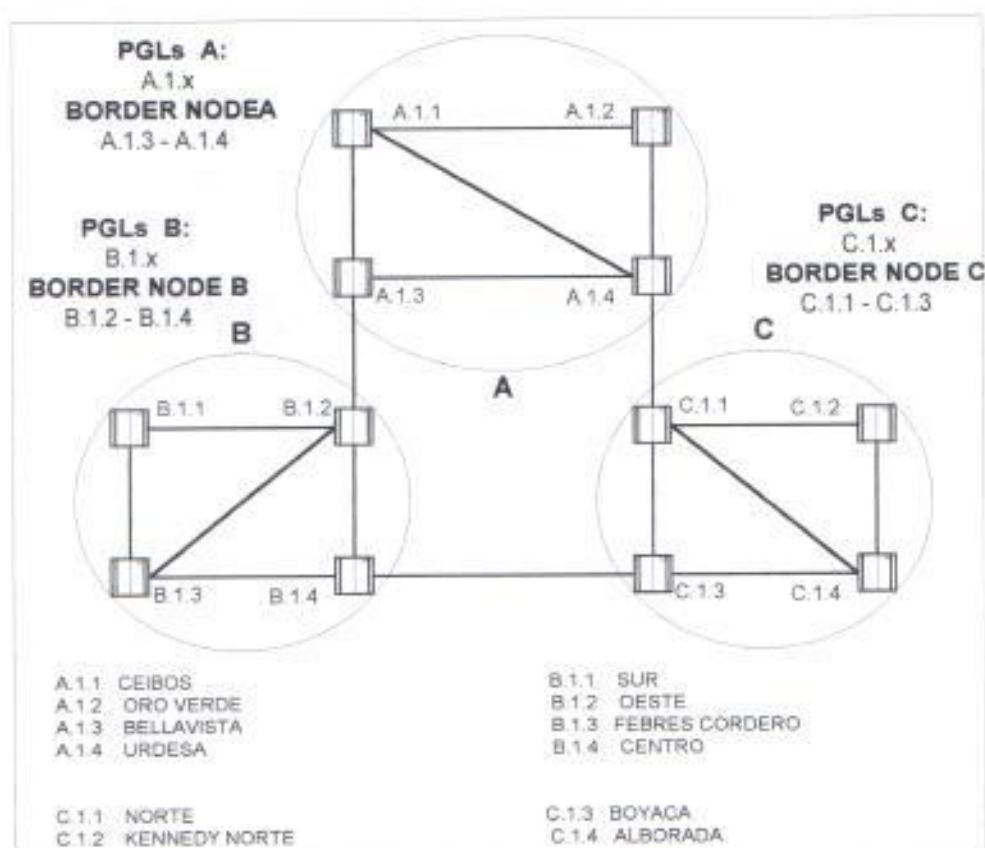


FIG. 5.6.3.1.2.1
NIVELES JERARQUICOS DE LA RED PUBLICA ATM

En este diseño cada Peer Group contribuye con 1 PGL a formar un Grupo

Padre (Parent Group), en este Grupo Padre la información entre cada uno de los PGL circula en forma distribuida como se muestra en el gráfico 5.6.3.1.2.2. De esta manera la información desde el Parent Group circula hacia cada uno de los Peer Groups que lo forman.

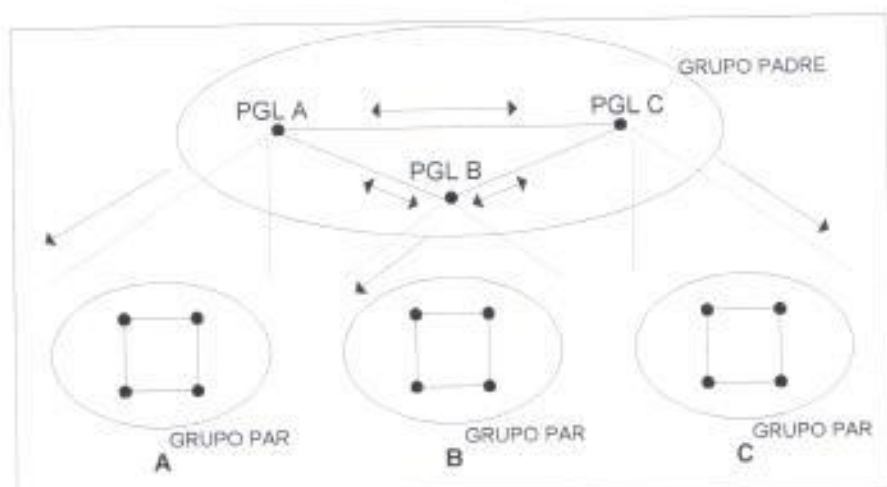


FIG. 5.6.3.1.2.2
VISTA JERARQUICA DE LA RED PUBLICA ATM

La finalidad de establecer Peer Groups en la red pública ATM es evitar que el intercambio de información de la topología de la red tenga que realizarse entre todos los nodos de la red, provocando un sobredimensionamiento del tráfico de información que contribuiría a elevar el nivel de complejidad de administración de la red pública.

De esta manera, la información de la topología de la red estará circunscrita a cada Peer Group, disminuyendo notablemente el tráfico global de la red. Con base en este diseño cada Peer Group tendrá 1 nodo líder que establecerá un enlace directo con los 2 nodos líderes restantes, de forma que el intercambio de la información de la topología de cada Peer Group se realiza únicamente entre

los 3 nodos líderes. Debido a que la selección de los PGL es dinámica, según el ID que se defina para cada grupo, esta designación podría recaer en un Border Node. Estos Border Node a través de mensajes Hello realizarán las comparaciones entre los ID, de manera que nodos ATM cercanos con ID diferentes serán los seleccionados; con estas premisas se puede determinar los Borde Node de la red.

Peer Group A: Nodo Bellavista y Nodo Urdesa.

Peer Group B: Nodo Febres Cordero y Nodo Centro

Peer Group C: Nodo Norte y Nodo Boyacá.

De este modo la base de datos que contendrá la totalidad de la información de ruteo de la red pública ATM estará formada por la sincronización que exista entre cada una de las bases de datos de cada PGL. Esta sincronización de base de datos entre los diferentes PGL deberá ser manual o automática ante cualquier cambio que se detecte en la topología física de la red. Así, cada PGL tendrá un sumario de la información de ruteo de su Peer Group y de la circulación de la misma información hacia los diferentes PGL de la red.

Tales características permitirán desarrollar un tipo de red 'plug and play', es decir una red capaz de autoconfigurarse en caso de añadir o quitar un nodo ATM. La autoconfiguración se dará inicialmente en el Peer Group que sufre un cambio, de manera que la información de la nueva topología del Peer Group recorrerá cada uno de los nodos ATM que forman dicho Peer Group hasta que finalmente será recolectada por cada PGL del Peer Group. Una vez que cada

PGL posee la información actualizada de su grupo, procederá a intercambiarla con la información que posee el PGL de los 2 Peer Groups restantes que se formen en la red pública ATM.

Los protocolos y señalizaciones necesarias que respaldan y fundamentan este comportamiento los provee el protocolo de ruteo entre nodos ATM, el protocolo P-NNI. P-NNI funciona como el protocolo OSPF en redes WAN de ruteadores.

La administración de la red pública ATM está ligada directamente y de manera prioritaria con los estándares de administración que manejen los switches ATM seleccionados para formar la red. Estos estándares a pesar de estar aún en una etapa de inmadurez están siendo modificados y siguen complementándose por organismos internacionales como ATM Forum e Internet Engineering Task Force (IETF) que trabajan implementando una serie de MIBs que permitirán la configuración, control y monitoreo de nuevos aspectos fundamentales de los nodos ATM, y junto con otras mejoras ya existentes en los nodos se establecen mecanismos de instalación y de autoconfiguración de los nodos que ayudarán a que los complejos y sofisticados protocolos de la red ATM permanezcan transparentes para el administrador de la red.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1.- Las comunicaciones evolucionan constantemente, respondiendo a procesos graduales de mejoramiento tanto en la calidad, como en la cantidad de información que se maneja.
- 2.- La globalización de las comunicaciones se fundamenta en normas y modelos de interconexión de redes creados con la finalidad de concentrar esfuerzos e inversiones en áreas específicas.
- 3.- Todos los procesos de modernización de las comunicaciones, creados y ejecutados en Latinoamérica, responden a esfuerzos de esta región por mejorar los niveles de servicios que ofrece, y por extender los mismos hacia un mayor número de habitantes.
- 4.- Los procesos de modernización que se llevan a cabo en Ecuador sufren los efectos de la inestabilidad política, y de la carencia de confianza en el manejo adecuado y transparente de las negociaciones que se relacionan con dichos procesos.
- 5.- La modernización de las telecomunicaciones en Ecuador ha tenido un desenlace crónico, carece de ser un proceso apetecible como objeto de inversión ante capitalistas e inversionistas extranjeros ante la inflación económica que sufre el país, pues resulta ser un parámetro de medición para calcular los riesgos que deberán correr dichos inversionistas extranjeros.
- 6.- Los valores y tablas entregadas en la tesis corresponden a datos obtenidos en la fecha que se indica,

pero que no han sido actualizados a la fecha actual debido a que no existe un comunicado oficial en los medios de comunicación, debido sobre todo a que siguen en vigencia.

- 7.- En las tablas 2.3.1 y 2.3.2 se establecen ciertos valores de desempeño de los servicios que se ofrecen en Guayaquil, lamentablemente debido a la confidencialidad con que se maneja esta información no fue posible obtener los mismo valores pero a nivel de latinoamérica.
- 8.- Guayaquil carece de un sistema de comunicaciones que se considere adecuado y capaz para ofrecer una estructura idónea, que fomente el desarrollo de servicios digitales de distribución masiva.
- 9.- Debido al fracaso de masificar los servicios básicos de comunicaciones que se deben ofrecer a una población a través de la inversión y control del estado ecuatoriano, es necesario que se continúe con aquellos procesos que involucren la participación de la inversión extranjera en Guayaquil, pero sin permitir la monopolización en la comercialización de servicios como la telefonía pública.
- 10.- La estabilidad de la economía del país permitiría a Guayaquil convertirse en un mercado muy atractivo para la inversión extranjera; fundamento para esta aseveración es que muy a pesar del atraso que tiene la comunicación pública en la ciudad y de la crisis económica actual, existen grandes oportunidades de negocios que han sido explotados a través de servicios muy variadas como la telefonía celular y los servicios de buscapersonas.
- 11.- Durante sus inicios y a lo largo de todo su desarrollo, la tecnología se ha orientado a optimizar el manejo de determinado tipo de tráfico. En la actualidad existe una corriente que tiende a desarrollar y fomentar el uso de una tecnología única que esté en capacidad de manejar cualquier tipo de tráfico, sin diferenciar la calidad de servicio e indiferentemente del tipo de información que transporte.
- 12.- ATM se ha convertido en la tecnología preferida para manejar grandes volúmenes de información, sin importar el tipo de tráfico que sea. Debido, sobre todo, a que fue creado con ese objetivo.

- 12.- Establecer una red en Guayaquil, basada en ATM, es una aspiración que ha estado latente durante muchos años en Pacifictel. Existe entonces, al menos, el conocimiento y la certeza de que este tipo de tecnología ofrece las condiciones adecuadas para elevar el nivel de los servicios de telefonía; y el de poder agregar a una red de este tipo, servicios adicionales o de valor agregado.
- 13.- Debido a la fuerte inversión que demanda un proyecto como éste, una red pública ATM, se entiende que no es un proceso rápido y fácil de iniciar, es, por lo contrario, muy complejo y difícil de poder cristalizar. La privatización de las empresas de telefonía pública podría ayudar a la consecución de un proyecto de grandes dimensiones como el de una red pública ATM.
- 14.- En Guayaquil existen ya esfuerzos de empresas privadas por ofrecer los servicios de una red común que maneje el transporte de datos desde el usuario final hasta un proveedor de servicios de Internet. Este servicio, que se basa en una red Frame Relay, no es sino una realidad de que es posible invertir en un backbone común, que brinde no solo el transporte de tráfico de Internet, sino de toda una gama de información como voz, video, gráficos y datos.
- 15.- El diseño que se ofrece en esta tesis corresponde a un esfuerzo particular por despertar la convicción de que Guayaquil posee las condiciones de mercado adecuadas para atraer la inversión privada, nacional o extranjera, en el área de la comunicación pública.
- 16.- El diseño de la red pública ATM se basa en proveer servicios a plataformas distintas, que no tienen una alternativa privada o estatal que les permita extenderse en la ciudad sin considerar una inversión particular a un servicio o a un determinado tipo de red.
- 17.- Un backbone ATM ofrece un medio central ideal para mejorar y ampliar la cobertura que tienen en la actualidad ciertos proveedores de Internet que han invertido en redes privadas, cuyos costos muy elevados se trasladan al usuario final, convirtiéndose en una causa fundamental para que no se logre

masificar este servicio.

- 18.- La red pública ATM es capaz de ofrecer una escalabilidad a cualquier otro nivel de tecnología, y de integración a servicios de radiofrecuencia que se requieran dar hacia sitios remotos. Preservando de esta manera toda la inversión que se realice tanto en los equipos ATM como en la fibra óptica.
- 19.- El diseño de la red es posible realizarlo técnicamente, existen en la actualidad equipos y tecnología que se especializan en brindar estos servicios y cuyos principios se han considerado en esta tesis.

RECOMENDACIONES

- 1.- El estado ecuatoriano debe establecer como una prioridad, independiente de la administración pública y política que exista, la modernización de las telecomunicaciones. Debe fomentar internamente en las empresas estatales la apertura y aceptación hacia la privatización de dichas empresas, debido sobre todo a que su estructura administrativa ha sido caótica e ineficiente, trasladando este comportamiento a las áreas técnicas y operativas de atención al abonado.
- 2.- Aquellos fracasos obtenidos en los procesos de privatización, tanto para Pacifictel como Andinatel, deben de ser aprovechados, como actualmente lo hacen las 2 empresas estatales, para poder mejorar y ampliar la red de servicios y de esta forma aumentar de manera muy significativa su costo referencial en una subasta pública.
- 3.- Pacifictel debe emprender estudios que establezcan la real demanda de abonados en cada sector de la ciudad, y optimizar la distribución de sus equipos para así elevar el nivel de eficiencia en la atención al abonado.
- 4.- La privatización de Pacifictel no debe ser considerada tan solo como una oportunidad para la apertura a la inversión privada, debe entenderse que al momento es la alternativa más idónea para establecer el objetivo de ser una empresa de servicio público, objetivo que parece solo puede ser logrado alejándola

de las administraciones que responden a las corrientes políticas del momento.

- 5.- De establecerse la privatización de Pacifictel, el estado ecuatoriano, a través de los organismos respectivos, debe fiscalizar el alcance y consecución de los objetivos prometidos por aquella empresa ganadora de la licitación. Estos resultados, y sus responsables, deben ser de conocimiento público, y así evitar cualquier manejo político de resultados, práctica común en nuestro país.
- 6.- El diseño de la red pública ATM que se detalla en esta tesis, debe entenderse como un esfuerzo muy particular para mejorar el actual estado de las comunicaciones digitales en Guayaquil. No es el único diseño posible, pero es muy adecuado para solucionar deficiencias en los servicios actuales. Intenta ser un motivo de análisis y una alternativa de solución que ayude a esclarecer objetivos a nivel macro de toda empresa de telecomunicaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLES, A. The Next-Generation ATM Switch: From testbeds to Production Networks, Cisco Systems, Inc. USA, 1996, pag. 1-28.
2. ALLES, A. ATM Internetworking, Cisco Systems, Inc. Cisco Home Page, 1995.
3. Ascend. Product Guide. Ascend Communications, 1999, USA.
4. Balaji, K. Broadband Communications, McGraw-Hill. USA, 1995.
5. Global Information, Inc. Telecoms Markets & Strategies in South America, Global Inf. Home Page.
6. ASETA. Estudios y proyectos que adelanta, Aseta Home Page.
7. LEADIM (US & FCS International Marketing Insights). Ecuador, privatization of telecom. Leading Home Page.
8. Rivas, Jose Eduvigis. Modernización del Estado y Globalización, Privatización o desmantelamiento. www.tecnologias.com. 1997.
9. El Universo. La COMOTEL informa al país. Pag. 8 primera sección. Nvbre 16 de 1997.
10. Couch II, Leon. Digital and Communication Systems. McMillan. USA, 1990.
11. Miller, Mark. Lan Troubleshooting Handbook. M y T Books. USA, 1995.
12. Stallings, William. Data and Computer Communications. Prentice Hall. USA, 1997.
13. Hayes, Jim. Fiber Optics Technician's Manual. Delmar Publishers. USA, 1996.
14. Hecht, Jeff. Understanding Fiber Optics. Howard W. Sams & Company. USA, 1987.
15. www.ericsson.com
16. Crosscomm. ClearPath, How to Evaluate, Plan and Manage High-Speed Networks. USA, 1998.
17. www.lore.com
18. www.matconi.com/lore

19. www.cisco.com
20. www.nicatel.com
21. IEEE Standards On-Line LAN/MAN (802) list. IEEE Home Page
22. ATM Access Concentrator. ADC Kentrox Home Page.
23. Tarifas. Pacifictel Home Page
24. Informe Técnico, Unidad Calidad de Servicio y Tráfico Telefónico de la Subgerencia de Conmutación del Emetel Sucursal Sur, 1997