



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño e implementación de la red
WAN de voz y datos de Aeropuertos
del Sureste (ASUR)**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero en Computación

P R E S E N T A N

Jaime Jair Rangel Castro
Claudia Vega Ruiz
Juanita Reyna Villafañá Trejo

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Roberto Mandujano Wild



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2003

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por la formación integral que nos dieron, conjugando de manera correcta conocimientos con valores.

Por las facilidades recibidas para nuestro desarrollo durante el curso de nuestras carreras.

A nuestros Profesores:

Por lo que nos enseñaron dentro y fuera de los salones de clases.

A Aeropuertos del Sureste:

Por brindarnos su confianza y apoyo en el transcurso del proyecto.

A Cibernética y Electrónica:

Por permitirnos trabajar dentro del proyecto.

Por fomentar el desarrollo profesional de los recién egresados.

A Roberto Mandujano Wild:

Por su acertada manera de guiarnos para la realización de esta tesis.

*Al Señor de los Mil Nombres:
Por iluminarme para salir adelante siempre.*

*A Mis Abuelos:
Por todo el cariño que invariablemente me dieron y me han dado.*

*A Mis Padres:
Porque gracias a ellos soy lo que soy.*

*A Mis Hermanos:
Por todo lo que hemos compartido y aprendido juntos.*

*A Mis Amigos (quisiera decir nombres, pero afortunadamente es una lista enorme):
Por que siempre han estado conmigo y me han dado cabida en sus vidas.*

*A Anel, Carlos y Mateo:
Por brindarme su amistad.*

*A Roberto:
Por darme una oportunidad.*

A mis padres, sin quienes jamás hubiera logrado llegar hasta aquí.

A mi esposo, quien además de ser mi gran maestro es hoy mi compañero.

A mis hijas, que son el mayor logro en mi vida, como muestra de lo que puede lograrse con esfuerzo y dedicación.

Quiero agradecer a mis padres y a mi hermana por su incondicional apoyo, por sus consejos y por creer siempre en mí. Sin su ayuda no habría terminado mis estudios y esta tesis.

También quiero agradecer a Pedro Moreno, por su compañía incondicional, por su paciencia y por su gran ayuda en el desarrollo de este trabajo y en los innumerables proyectos en los que juntos participamos.

No puedo olvidar a mis amigos y abuelos por estar siempre pendiente de mí. También agradezco a mis profesores porque cada uno fue importante para mi formación profesional.

Finalmente un enorme agradecimiento al Ing. Roberto Mandujano, que además de ser un excelente profesor y jefe, supo brindarnos su experiencia, su tiempo y sus valiosos consejos para que este proyecto finalizara con éxito.

CONTENIDO

Introducción.	1
<i>I.</i> Antecedentes y Análisis de Necesidades.	I-1
I.1. Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).	I-2
I.2. Reestructuración del Sistema Aeroportuario Mexicano.	I-3
I.3. Grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR).	I-6
I.4. Estado Inicial de la Red.	I-7
I.5. Necesidades.	I-11
<i>II.</i> Marco Teórico.	II-1
II.1. Protocolos.	II-3
II.2. Tipos de Enlaces	II-53
II.3. Telefonía.	II-56
II.4. Switcheo.	II-59
II.5. Ruteo.	II-65
II.6. Servidor de correo y DNS.	II-70
<i>III.</i> Diseño de la Red WAN de Voz y Datos.	III-1
III.1. México.	III-3
III.2. Cancún.	III-7
III.3. Mérida.	III-10
III.4. Huatulco, Minatitlán, Oaxaca, Tapachula, Veracruz y Villahermosa.	III-11
III.5. Cronograma de actividades.	III-13
III.6. Costo del Proyecto	III-15
<i>IV.</i> Implementación y Pruebas.	IV-1
IV.1. Configuración de Equipos ACT.	IV-2
IV.2. Configuración de Cobalt.	IV-7
IV.3. Reportes.	IV-11
Conclusiones.	1
Bibliografía.	1

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción
I-1	Mapa con 8 aeropuertos
I-2	Intercambio de datos Aeropuertos-ASA-ASUR
I-3	Intercambio de datos vía correo electrónico
I-4	Enlaces de voz - Larga Distancia
I-5	Nueva infraestructura de voz/datos
II-1	Modelo de referencia OSI
II-2	Capas del protocolo TCP/IP
II-3	Clases para direcciones IP
II-4	Modelo X.25 y su relación con el modelo OSI
II-5	Estructura de la trama LAPB
II-6	Paquete de control
II-7	Paquete CALL REQUEST
II-8	Paquete Información
II-9	Formato Básico y la jerarquía de ATM
II-10	Procesos de conmutación
II-11	Capas de ATM
II-12	Subcapa CS
II-13	ATM y AAL
II-14	Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI)
II-15	Red de Frame Relay
II-16	DCLI
II-17	Formato de la trama Frame Relay
II-18	Uso de los bits FECN y BECN
II-19	Enlace punto a punto
II-20	Enlace punto-multipunto
II-21	Enlace via modem
II-22	Enlace CSU/DSU
II-23	Ejemplo de implementación con interfaces FXS y FXO
II-24	Bridge local
II-25	Bridge remoto
II-26	Diagrama básico de un multiplexor
II-27	Funcionamiento de FDM
II-28	Funcionamiento de TDM
III-1	Propuesta General
IV-1	Configuración por medio de un navegador de Internet
IV-2	Alta de un usuario de correo

INDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción
II-1	Numeración de Puertos TCP
II-2	Interfaz X.21
II-3	Características de AAL-1 - AAL-4
II-4	Ventajas y Desventajas de los protocolos WAN
III-1	Equipamiento ACT México
III-2	Equipamiento Cabletron México
III-3	Equipamiento Cobalt México
III-4	Equipamiento ACT Cancún
III-5	Equipamiento Cabletron Cancún
III-6	Equipamiento ACT Mérida
III-7	Equipamiento ACT Otros Sitios
III-8	Cronograma de Actividades
IV-1	Configuración DLCI
IV-2	Configuración Mapa de telefonía
IV-3	Configuración IP
IV-4	Ejemplo de Tabla de Ruteo

INTRODUCCIÓN

Introducción

De acuerdo a la creciente necesidad de comunicación de las empresas, a los cambios tecnológicos y a la nueva visión de negocios, es necesario que las instituciones se actualicen para poder competir en la nueva era de la globalización, con el fin de lograr un mejor desempeño, obtener mejores ganancias y abatir costos.

Dentro de las empresas existen áreas comunes a todas, como las administrativas y contables. Sin embargo, hoy en día el área de las telecomunicaciones, internas y externas, toma una importancia cada vez mayor. Esto se ve claramente en el fuerte impacto que tiene hoy en día Internet en la vida diaria, por lo que es necesario que las empresas cuenten con una infraestructura que les permita estar al mismo nivel que las demás.

Este trabajo abarca lo relacionado a este tema para una de las empresas más importantes en lo que a servicios aeroportuarios se refiere: El Grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR).

Objetivo.

El objetivo del proyecto es determinar e implementar la mejor solución para la comunicación de voz y datos de los nueve aeropuertos propiedad de ASUR, así como la conexión de datos con Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) y el acceso a Internet para los diferentes aeropuertos y oficinas centrales.

En el capítulo I hablamos acerca del surgimiento de grupo ASUR dentro del proyecto del Gobierno de México para la privatización de los aeropuertos, su relación con Aeropuertos y Servicios Auxiliares, cómo está conformado ASUR y la situación en la que se encontraba al comenzar este proyecto, lo cual nos lleva a definir las necesidades que se debían cubrir.

En el capítulo II abarcamos las diferentes temáticas a nivel teórico con las que se justificará nuestra propuesta para darle solución a las problemáticas vistas en el capítulo I.

En el capítulo III detallamos la propuesta que ofrecimos a ASUR, con base en el análisis que hicimos de las necesidades definidas en el capítulo I y el marco teórico visto en el capítulo II considerando las diferentes opciones que encontramos en el mercado en ese momento.

En el capítulo IV hablamos de la implementación de la solución propuesta y de los resultados que se obtuvieron.

En las conclusiones describimos los resultados que se obtuvieron del proyecto, las mejoras que se han realizado desde su implementación y las mejoras que puede tener la red WAN, de acuerdo al desarrollo tecnológico de los últimos años. También hablamos acerca de las conclusiones personales que obtuvimos con el desarrollo de este proyecto.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE NECESIDADES

I. Antecedentes y Análisis de Necesidades.

I.1. Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).

Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Fue creado el 10 de junio de 1965 por decreto presidencial, cuando el país se encontraba inmerso en la llamada 'era del jet' que había significado cambios sustanciales en la aviación mundial y en la infraestructura aeroportuaria.

ASA se encarga de impulsar el desarrollo de aeropuertos mediante su operación, construcción, suministro de combustibles y administración, acciones que concibe como instrumentos de apoyo al desarrollo del país.

ASA tiene como misión contribuir al desarrollo social, económico y cultural del país impulsando una red aérea eficiente y promoviendo la actividad y desarrollo de la industria aeroportuaria nacional, con una visión de alcance internacional, mediante la estructuración e implementación de nuevos proyectos aeroportuarios.

Hasta el año de 1998, Aeropuertos y Servicios Auxiliares administró y operó 60 aeropuertos. ASA ha atendido las necesidades de infraestructura y ha proporcionado servicios aeroportuarios. Pero fue necesario lograr un desarrollo acorde a la tendencia del sector y del crecimiento del país. En particular, en el sistema aeroportuario se observaba:

- Escasez de recursos públicos para la ampliación y modernización del sistema, acordes a la creciente demanda.
- Alta concentración de tráfico en pocos aeropuertos.
- Estructura organizacional altamente centralizada, con baja autonomía administrativa y financiera.
- Poca explotación del potencial de los aeropuertos en actividades comerciales y de manejo de carga.

Por esto y debido a la creciente importancia de la transportación aérea a nivel mundial, el país demandaba un gran esfuerzo de inversión que permitiera atender con seguridad, calidad y oportunidad, a los usuarios del Sistema Aeroportuario Mexicano. Por tal motivo, uno de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 1995 – 2000 fue contar con una infraestructura adecuada, moderna, eficiente y con tecnología de punta.

I.2. Reestructuración del Sistema Aeroportuario Mexicano.

El Programa de Desarrollo del Sector de Comunicaciones y Transportes 1995 –2000 estableció como uno de sus principales objetivos mejorar la calidad, acceso y cobertura de la red aeroportuaria nacional. Para tal efecto el Programa de Desarrollo planteó un plan de reestructuración del Sistema Aeroportuario Mexicano.

El marco jurídico de dicho plan estaba orientado a impulsar y promover el desarrollo aeroportuario, con base en reglas claras y transparentes, bajo condiciones competitivas y no discriminatorias.

Bajo este fundamento, el 9 de febrero de 1998, se publicaron en el Diario Oficial de la Federación, los Lineamientos Generales para la Apertura a la Inversión en el Sistema Aeroportuario Mexicano. Dicho lineamientos tuvieron el propósito de que la apertura se desarrollara conforme a los objetivos establecidos por el Gobierno Federal.

Así fue como el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en ejercicio de las facultades que le confieren La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como el Reglamento Interior de dicha Dependencia, creó el Comité de Reestructuración del Sistema Aeroportuario Mexicano integrado por servidores públicos de la Secretaría y de Aeropuertos y Servicios Auxiliares, que definió como prioridad consolidar y modernizar la red aeroportuaria nacional, mejorar el acceso, calidad y eficiencia de los servicios a través de la participación del sector privado.

Dentro del marco legal de este importante proceso, la ley fomentó

la modernización de la infraestructura y tuvo como aspectos fundamentales concesiones integradas por la SCT, con periodos de hasta 50 años, prorrogables, con participación accionaria limitada. La Participación Accionaria del Socio Estratégico en el capital social de la Sociedad Controladora estuvo conformada por los siguientes paquetes:

- La adquisición obligatoria de acciones que representaran el 10% del capital social.
- Se podría adquirir hasta un 5% adicional del capital social conjuntamente con el paquete anterior.
- Una opción para poder adquirir acciones que representaran un 5% adicional del capital social.
- El Socio Estratégico, al igual que todos los Accionistas de la Sociedad Controladora, estaría sujeto a límites generales de participación.

Los participantes debieron obtener la autorización de la Secretaría, lo cual consistió en acreditar su capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera para el cumplimiento de las obligaciones derivadas de este proceso, constituir el depósito de garantía correspondiente y obligarse por escrito a guardar confidencialidad respecto a la información recibida.

Asimismo se afirmó que el estado seguiría ejerciendo la rectoría del espacio aéreo, radioayudas, telecomunicaciones e información aeronáutica.

Los principios fundamentales fueron promover un proceso equitativo, objetivo y expedito, propiciar la participación de inversionistas y operadores de calidad, capacidad y solvencia técnica, operativa, administrativa, financiera y moral, así como respetar los derechos de los trabajadores conforme a la ley y asegurar para el Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes.

Para tal efecto, el Comité definió la estrategia de apertura a la inversión y obtuvo la aprobación de la Comisión Intersecretarial de Desincorporación para llevarla a cabo. Se evaluaron diversas

alternativas de agrupamiento de aeropuertos que incluyeron desde la concesión de 35 aeropuertos en una sola red, hasta la administración por concesionarios independientes en cada aeropuerto. De las múltiples alternativas, se eligió la conformación de cuatro grupos regionales de aeropuertos:

- Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
- Sureste (9 aeropuertos)
- Pacífico (12 aeropuertos) y
- Centro Norte (13 aeropuertos)

Esta alternativa se eligió por ser la que mejor satisfacía los objetivos y criterios del proceso de apertura a la inversión, conciliaba los intereses de los usuarios y cumplía con las expectativas que demandaba el mercado.

Derivado de lo anterior, en el mes de mayo de 1998, se constituyeron legalmente las sociedades controladoras de aeropuertos como empresas de participación estatal temporal mayoritaria, denominadas:

- Grupo Aeroportuario del Sureste S.A. de C.V.
- Grupo Aeroportuario del Pacífico S.A. de C.V.
- Grupo Aeroportuario de Centro Norte S.A. de C.V. y
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México S.A. de C.V.

Estas constituyeron, por cada uno de los aeropuertos de su grupo, una sociedad concesionaria como empresa de participación temporal mayoritaria, otorgándoles el título de concesión del aeropuerto correspondiente, por lo que se convirtieron en responsables de su mantenimiento y operación. Las sociedades controladoras serían propietarias del 100% (menos una acción) de las sociedades concesionarias del grupo de aeropuertos respectivo.

Asimismo y con el objeto de asesorar en aspectos técnicos, de ingeniería, administrativos, financieros, de procesamiento y control de datos, de supervisión, de organización, de mercadotecnia y en general, cualquier clase de servicios que requieran las empresas concesionarias, se constituyó una sociedad de servicios

aeroportuarios por cada Grupo.

Actualmente el Sistema Aeroportuario Mexicano está constituido de la siguiente manera:

- Grupo Aeroportuario ASA Corporativo (29 aeropuertos)
- Grupo Aeroportuario del Sureste (9 aeropuertos)
- Grupo Aeroportuario del Pacífico (12 aeropuertos)
- Grupo Aeroportuario de Centro Norte (13 aeropuertos)
- Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
- Aeropuerto de Puebla

I.3. Grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR).

El 29 de junio de 1998 se publicó la convocatoria para la adquisición de títulos representativos del capital social de Grupo Aeroportuario del Sureste. El objetivo de la licitación fue la enajenación de la participación accionaria de la sociedad denominada Grupo Aeroportuario del Sureste S.A. de C.V.

Así desde 1998 Grupo Aeroportuario de Sureste S.A. de C.V. fue constituido como parte del proceso de apertura a la inversión del Sistema Aeroportuario Mexicano, como ya hemos mencionado anteriormente.

Grupo Aeroportuario de Sureste administra y opera un grupo de 9 aeropuertos en la región Sureste de México, en las ciudades de Cancún, Cozumel, Mérida, Huatulco, Oaxaca, Veracruz, Villahermosa, Tapachula y Minatitlán. *Figura I-1.*

El 28 de Diciembre de 2000, inició operaciones simultáneamente con el Mercado de Valores de Nueva York y en la Bolsa Mexicana de Valores, constituyéndose como el primer grupo aeroportuario que cotizaba en dichos mercados.

ASUR recauda derechos basados en el tránsito de pasajeros y en la explotación de sus espacios comerciales. En el 2001, atendió aproximadamente 11.3 millones de pasajeros; el 68% del tráfico se realizó por medio del aeropuerto de Cancún. En lo que respecta al sector comercial, la estrategia de negocios está enfocada a incrementar su rentabilidad. Acorde a esto, en el 2001, los

aeropuertos de Cancún, Mérida y Cozumel pusieron en operación modernas y atractivas áreas comerciales.

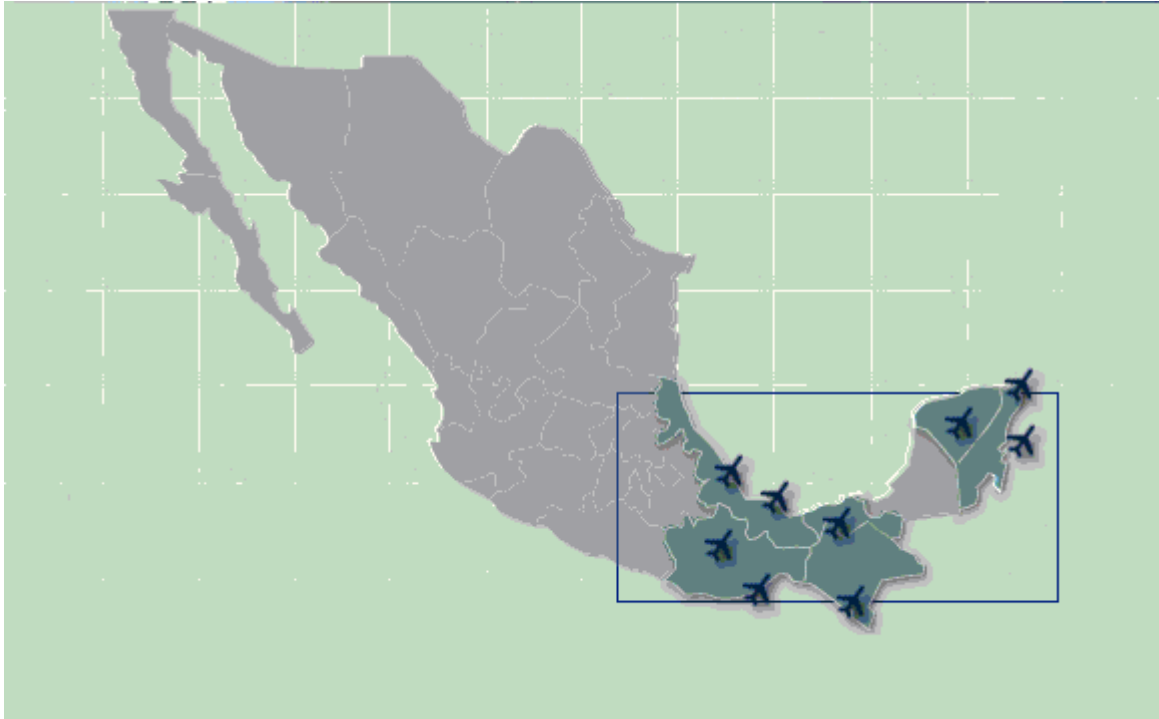


Figura I-1. Mapa de los 9 aeropuertos de grupo ASUR.

I.4. Estado Inicial de la Red.

Una vez iniciadas las operaciones de ASUR y debido a la necesidad de actualizarse, en 1999 fue necesario determinar el estado de la red WAN con la que se contaba. En ese momento, las oficinas de ASUR se localizaban en la extienda de ASA (*Figura I-2*) y las comunicaciones de voz y datos se realizaban de la siguiente manera:

Datos.

El intercambio de la información se realizaba de los aeropuertos a los servidores de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), lo cual hacía a los aeropuertos de ASUR dependientes de la infraestructura de ASA. *Figura I-2.*

Telefonía.

Asimismo, los servicios telefónicos dependían del conmutador de ASA, y éste sólo suministraba servicio al corporativo en la Ciudad de México, por lo que era necesario un gasto en largas distancias para tener comunicación telefónica entre los aeropuertos, siendo ASA quien administraba todos los recursos de la red de datos y telefonía. *Figura I-2.*

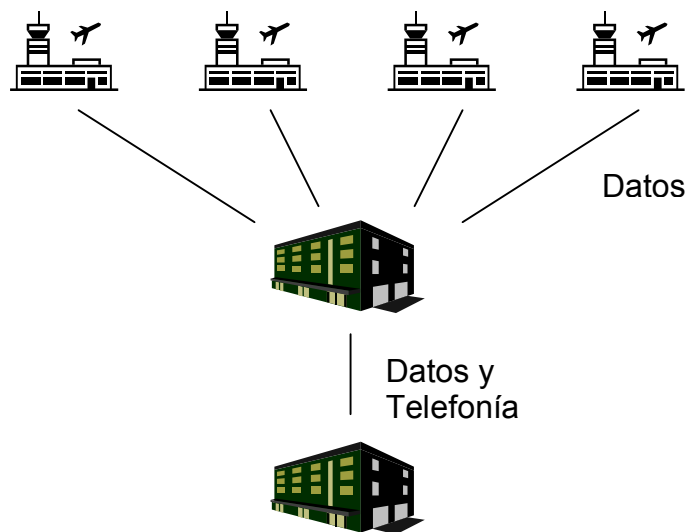


Figura I-2. Intercambio de datos Aeropuertos-ASA-ASUR.

Al efectuarse el cambio de domicilio de las oficinas del corporativo a su domicilio actual, desaparecen los servicios de telefonía y de red de datos. ASA continuaba centralizando la comunicación con los aeropuertos.

La información se transmitía por el servicio de correo electrónico, lo cual resultaba poco eficiente y bastante costoso. *Figura I-3.* Las cuentas de correo electrónico tenían una capacidad limitada de almacenamiento y existía un cargo por el uso de cada una. Esto los limitaba de manera importante en cuanto a la posibilidad de enviar grandes volúmenes de información. Otro aspecto que resulta cada vez de mayor impacto es la velocidad de enlace, la cual se ubica en

menos de 50 Kbps, que es el promedio de velocidad con la que un módem se conecta a un proveedor de servicios de Internet (ISP). Por último, ASUR no contaba con presencia en Internet, siendo esto, ante la situación informática actual, una carencia con la que una empresa no puede tener proyección.

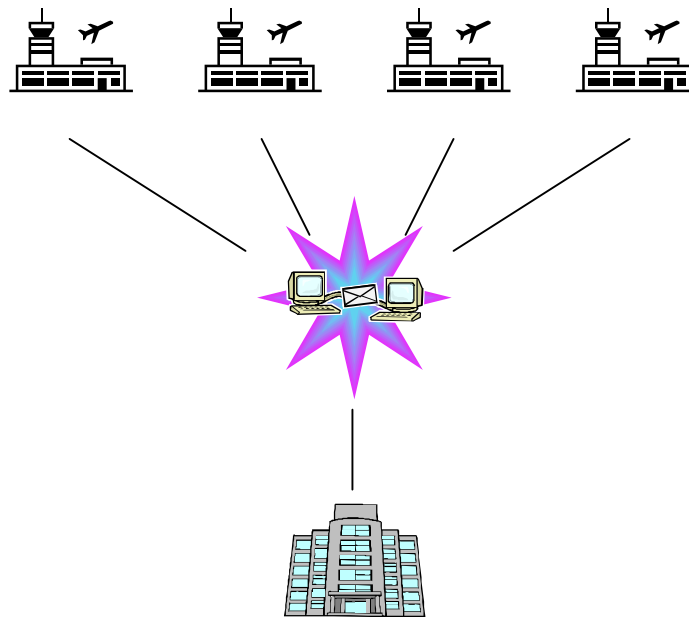


Figura I-3. Intercambio de datos vía correo electrónico.

Los enlaces de voz se seguían realizando utilizando servicios de Larga Distancia (*Figura I-4*), resultando un gasto considerable, pues implicaba un gran costo por uso de Larga Distancia para la comunicación con cada aeropuerto, al mismo tiempo que había poco aprovechamiento de los conmutadores, pues se tenían pocas extensiones por aeropuerto y la capacidad de los conmutadores resultaba subutilizada.

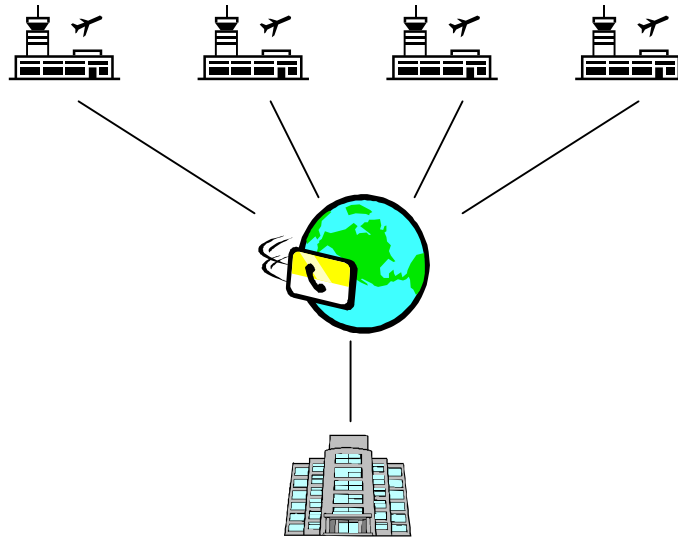


Figura I-4. Enlaces de voz - Larga Distancia.

Debido a todos estos factores, ASUR se encontró ante la necesidad de replantear su infraestructura con el objetivo de minimizar costos y maximizar la eficiencia de la misma. Nuestra propuesta se basa en realizar la transmisión de Voz y Datos a través de una sola infraestructura, la cual debe de cubrir todas las necesidades y ofrecer la mayor cantidad de ventajas posibles para el grupo ASUR. *Figura I-5.*

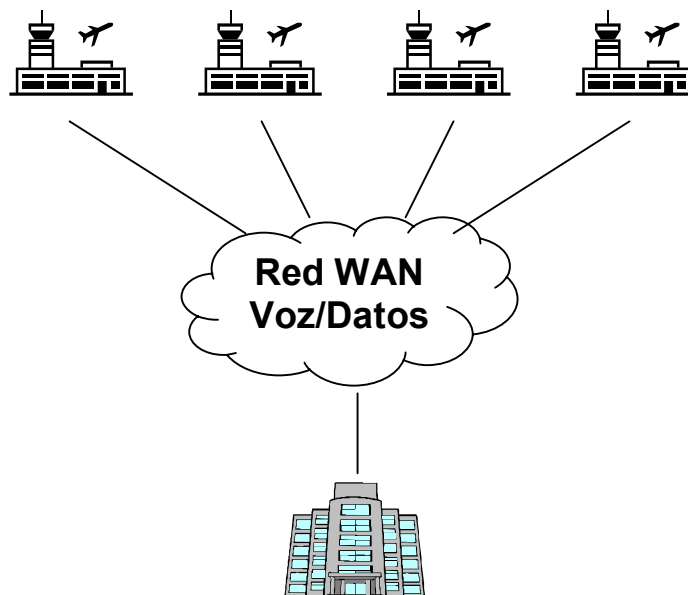


Figura I-5. Nueva Infraestructura de voz/datos.

I.5. Necesidades.

Con los planes del Gobierno Federal de privatizar los aeropuertos y lograr una mayor eficiencia en los servicios aeroportuarios del país, ASUR enfrentó la necesidad de actualizar sus viejos sistemas de comunicación de datos, que anteriormente eran proporcionados por ASA con una red a nivel nacional y de bajo desempeño. Determinamos los requerimientos de ASUR de acuerdo a sus necesidades de comunicación de voz y datos.

Como mencionamos anteriormente, el objetivo del proyecto es realizar la transmisión de voz/datos a través de la red de área amplia (WAN) de ASUR, implementando una red privada, para enlazar el corporativo con cada uno de los aeropuertos del grupo ASUR, y de ese modo incrementar la productividad mediante la eficaz transmisión electrónica de información de voz/datos. Por supuesto, esto lo realizamos sin perder de vista la implícita reducción de costos (pago de cuentas de mail, llamadas telefónicas de larga distancia, etc.) que debe de traer consigo la implementación de un sistema nuevo y el incremento de la eficiencia del sistema de información.

Otro objetivo que se pretende alcanzar es el de establecer un sitio de consulta propio (dominio), para usuarios de Internet, lo cual genere una imagen y presencia a nivel mundial del grupo.

Al contar con los servicios de una Intranet/Internet Corporativa, se conseguirá una reducción de tiempos en la operación y administración del Grupo Aeroportuario, desarrollando de manera paralela sistemas de información más adecuados y eficientes.

Las ventajas de contar con un sistema de correo electrónico propio sin las limitaciones de las cuentas convencionales se traducen en un sistema integral más sencillo de administrar y diseñado según las necesidades propias del grupo ASUR.

Las necesidades futuras también deben ser tomadas en cuenta, pues esto le permitirá tener a ASUR una protección de su inversión, evitando así la necesidad de realizar gastos futuros innecesarios. El

proyecto debe contemplar la modularidad de incorporar tecnologías actuales (videoconferencia, anchos de banda mayores) así como tecnologías que actualmente estén en desarrollo, para cumplir con el objetivo antes mencionado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. Marco Teórico.

Introducción.

Para proponer una solución que realmente satisfaga las necesidades de ASUR, necesitamos analizar las diversas opciones técnicas con las que se cuenta actualmente. La decisión principal se enfoca en el protocolo de red WAN que emplearemos para implementar la solución. Antes de analizar los protocolos, analizaremos los conceptos generales de las redes WAN.

Una WAN es una red de comunicación de datos que tiene una cobertura geográfica relativamente grande y suele utilizar las instalaciones de transmisión que ofrecen compañías portadoras de servicios como las telefónicas. Los protocolos WAN operan en las tres capas inferiores del modelo de referencia OSI: la capa física, la capa de enlace de datos y la capa de red. A continuación describimos brevemente el modelo de referencia OSI. *Figura II-1.*

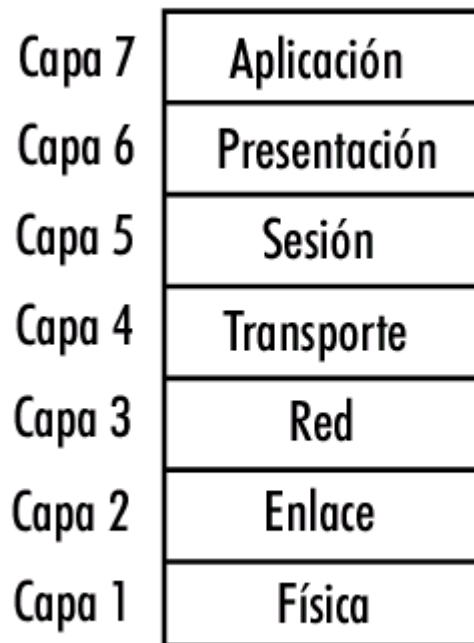


Figura II - 1. Modelo de referencia OSI.

- Capa Física: Se ocupa de la transmisión de los bits a lo largo de un canal de comunicación. En esta capa se definen parámetros

como voltajes, tiempos y frecuencias de la señal de la transmisión.

- Capa de Enlace: Su función principal consiste en transformar un medio de transmisión en una línea sin errores en la capa superior. La información que se recibe de la capa de enlace se divide en tramas que incluyen un encabezado que contiene las direcciones de origen y destino físicas y tamaño de la trama. También contiene información para resolver los problemas de pérdida o duplicidad de tramas.
- Capa de Red: Se encarga de encaminar los paquetes o datagramas (los cuales son las tramas con un encabezado que contiene direcciones lógicas de origen y destino) por medio de rutas, las cuales pueden ser estáticas o dinámicas.
- Capa de transporte: Su función consiste en aceptar los datos de la capa de sesión y dividirlos, de ser necesario, en unidades más pequeñas para pasarlos a la capa de red. En esta capa también se añade un encabezado, que junto con el paquete se denominan segmento.
- Capa de sesión: Permite a los usuarios de diferentes máquinas establecer sesiones entre ellos. A través de una sesión se puede llevar a cabo un acceso a un sistema o la transferencia de un archivo.
- Capa de Presentación: Esta capa se encarga de los aspectos de sintaxis y semántica de la información transmitida (compresión, encriptación, etc.).
- Capa de Aplicación: Abarca la interacción directa con el usuario por medio de programas como telnet o un explorador de Internet.

Una vez cubiertos los conceptos generales de redes WAN, continuaremos con el análisis de los protocolos de red.

II.1. Protocolos

En la tecnología de información, un protocolo (del griego *protocollon*, que era una hoja de papel pegada a un volumen manuscrito, describiendo su contenido) es el grupo especial de reglas que los puntos finales de una conexión de telecomunicaciones usan cuando se enlazan. Los protocolos existen en varios niveles en una conexión de telecomunicaciones y generalmente se describen en estándares de industria o internacionales.

TCP/IP

El protocolo TCP/IP está hoy en día ampliamente difundido, a pesar de ser una arquitectura de facto, en lugar de ser uno de los estándares definidos por la ISO, IICC, etc. Este protocolo se desarrolló como base de la ARPANET (red de comunicaciones militar del gobierno de los EE.UU.), y con la expansión de Internet se ha convertido en uno de los protocolos de redes más difundido. Aunque aún no es un protocolo utilizado en las redes WAN, es el que se utiliza en las redes LAN y el tráfico de éstas se encapsula en los protocolos WAN para poder viajar a través de toda la red.

A continuación, veremos la relación de TCP/IP con respecto al modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection) de la ISO. Así como el modelo de referencia OSI se compone de siete niveles (o capas), la arquitectura TCP/IP se define por 4 niveles : el nivel de subred (enlace y físico), el nivel de interred (Red), el protocolo proveedor de servicio (Transporte y sesión), y el nivel de aplicación (presentación y aplicación). Aunque no hay una relación directa con el modelo de referencia OSI, no deja de existir una semejanza entre los dos modelos. *Figura II-2.*

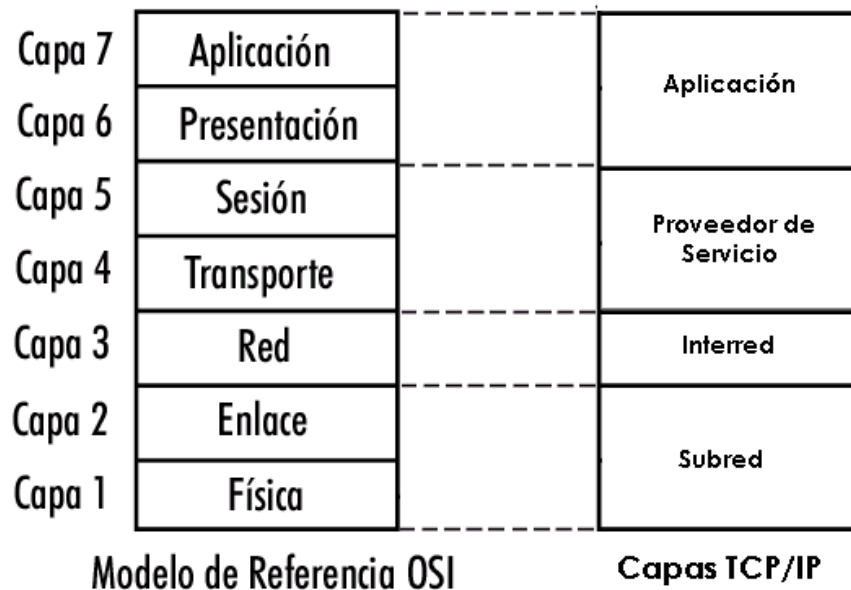


Figura II - 2. Capas del protocolo TCP/IP.

A continuación veremos cada una de las partes que integran a TCP/IP

El Protocolo Internet (Internet Protocol – IP)

El protocolo IP es el de mayor relación con el modelo OSI, así como parte integral del TCP/IP. Las tareas principales del IP son el direccionamiento de los datagramas de información y la administración del proceso de fragmentación de dichos datagramas. El datagrama es la unidad de transferencia que el IP utiliza, algunas veces identificada en forma más específica como datagrama Internet o datagrama IP

Las características de este protocolo son :

- No orientado a conexión
- Transmisión en unidades denominadas datagramas.
- Sin corrección de errores, ni control de congestión.
- No garantiza la entrega en secuencia.

La entrega del datagrama en IP no está garantizada porque ésta se puede retrasar, enrutar de manera incorrecta o mutilar al dividir y reensamblar los fragmentos del mensaje. Por otra parte, el IP no contiene suma de verificación para el contenido de datos del datagrama, solamente para la información del encabezado.

Protocolo de Control de Transmisión (Transmisión Control Protocol – TCP)

Hemos visto el servicio de entrega de paquetes sin conexión y no confiable, que forma la base para toda comunicación en Internet, así como el protocolo IP que lo define. Ahora veremos el segundo servicio más importante y mejor conocido a nivel de red, la entrega de flujo confiable (Reliable Stream Transport), así como el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) que lo define.

En el nivel más bajo, las redes de comunicación proporcionan una entrega de paquetes no confiable. Los paquetes se pueden perder o destruir debido a errores (falla el hardware, sobrecarga de la red, etc.). Las redes que rutean dinámicamente los paquetes pueden entregarlos en desorden, con retraso o duplicados. En el nivel más alto, los programas de aplicación a menudo necesitan enviar grandes volúmenes de datos de una computadora a otra. Utilizar un sistema de entrega de conexión y no confiable para transferencias de grandes volúmenes de información es la peor opción. Debido a esto, el TCP se ha vuelto un protocolo de propósito general para estos casos.

Las características del TCP son las siguientes:

- Servicio Orientado a conexión: El servicio de entrega de flujo en la máquina destino pasa al receptor exactamente la misma secuencia de bytes que le pasa el transmisor en la máquina origen.
- Conexión de Circuito Virtual: Durante la transferencia, el software de protocolo en las dos máquinas continúa comunicándose para verificar que los datos se reciban correctamente. Si la comunicación no se logra por cualquier motivo (v.q. falla el hardware de red), ambas máquinas detectarán la falla y la reportarán a los programas apropiados de aplicación. Se utiliza el término circuito virtual para describir dichas conexiones porque aunque los programas de aplicación visualizan la conexión como un circuito dedicado de hardware, la confiabilidad que se proporciona depende del servicio de entrega de flujo.
- Transferencia con Memoria Intermedia : Los programas de aplicación envían un flujo de datos a través del circuito virtual pasando repetidamente bytes de datos al software de protocolo. Cuando se transfieren datos, cada aplicación utiliza piezas del tamaño que encuentre adecuado, que pueden ser tan pequeñas como un byte. En el extremo receptor, el software de protocolo entrega bytes del flujo de datos en el mismo orden en que se enviaron, poniéndolos a disposición

del programa de aplicación receptor tan pronto como se reciben y se verifican. El software de protocolo puede dividir el flujo en paquetes, independientemente de las piezas que transfiera el programa de aplicación. Para hacer eficiente la transferencia y minimizar el tráfico de red, las implantaciones por lo general recolectan datos suficientes de un flujo para llenar un datagrama razonablemente largo antes de enviarlo. Por lo tanto, inclusive si el programa de aplicación genera el flujo un byte a la vez, la transferencia a través de la red puede ser sumamente eficiente. De forma similar, si el programa de aplicación genera bloques de datos muy largos, el software de protocolo puede dividir cada bloque en partes más pequeñas para su transmisión. Para aplicaciones en las que los datos de deben entregar aunque no se llene una memoria intermedia, el servicio de flujo proporciona un mecanismo de empuje o push que las aplicaciones utilizan para forzar una transferencia. En el extremo transmisor, el push obliga al software de protocolo a transferir todos los datos generados sin tener que esperar a que se llene una memoria intermedia. Sin embargo, la función de push sólo garantiza que los datos se transferirán, por tanto, aún cuando la entrega es forzada, el software de protocolo puede dividir el flujo en formas inesperadas (v.q. el transmisor puede reducirlo en caso de congestión).

- Flujo no estructurado : Posibilidad de enviar información de control junto a datos.
- Conexión Full Duplex : Se permite la transferencia concurrente en ambas direcciones. Desde el punto de vista de un proceso de aplicación, una conexión full duplex permite la existencia de dos flujos independientes que se mueven en direcciones opuestas, sin ninguna interacción aparente. Esto ofrece una ventaja : el software subyacente de protocolo puede enviar datagramas de información de control de flujo al origen, llevando datos en la dirección opuesta.

Hemos visto que el servicio de entrega de flujo confiable garantiza la entrega de los datos enviados de una máquina a otra sin pérdida o duplicación. Sin embargo existe el siguiente

problema: definir un método para que el software subyacente de protocolo proporcione una transferencia confiable teniendo un sistema subyacente de comunicación que sólo ofrece una entrega no confiable de paquetes.

El problema es difícil, pero la mayor parte de los protocolos confiables utilizan una técnica fundamental conocida como acuse de recibo positivo con retransmisión. La técnica requiere que un receptor se comuniquen con el origen y le envíe un mensaje de acuse de recibo (ACK) conforme recibe los datos. El transmisor guarda un registro de cada paquete que envía y espera un ACK antes de enviar el siguiente paquete. El transmisor también arranca un temporizador cuando envía un paquete y lo retransmite si dicho temporizador expira antes de que llegue un ACK.

El problema de la confiabilidad se presenta cuando un sistema subyacente de entrega de paquetes los duplica. Los duplicados también pueden surgir cuando las redes tienen grandes retrasos que provocan la retransmisión prematura. Para evitar la confusión causada por ACKs retrasados o duplicados, los protocolos de acuses de recibo positivos envían los números de secuencia dentro de los ACKs, para que el receptor pueda asociar correctamente los acuses de recibo con los paquetes.

Pero uno de los problemas que acarrea lo anterior es que un protocolo simple de acuses de recibo positivos ocupa una cantidad sustancial de ancho de banda de red debido a que debe retrasar el envío de un nuevo paquete hasta que reciba un ACK del paquete anterior.

La solución está en otra técnica conocida como ventana deslizante, que es una forma más compleja de acuse de recibo positivo y retransmisión. Los protocolos de ventana deslizante utilizan el ancho de banda de red de una manera óptima al permitir que el transmisor envíe varios paquetes sin esperar el ACK.

Puertos, conexiones y puntos extremos.

El TCP reside sobre el IP en el esquema de estratificación por capas de protocolos. El TCP permite que varios programas de aplicación en una máquina se comuniquen de manera concurrente y realiza el demultiplexado del tráfico TCP entrante entre los programas de aplicación. Así mismo el TCP utiliza números de puerto de protocolo para identificar el destino final dentro de una máquina. Cada puerto tiene asignado un número entero pequeño utilizado para identificarlo.

Para comprender el significado de un puerto hay que pensar en cada puerto como en una cola de salida en la que el software de protocolo coloca los datagramas entrantes, aunque en realidad los puertos TCP son más complejos, ya que un número de puerto no corresponde a un solo objeto. El TCP utiliza la conexión, no el puerto de protocolo, como su abstracción fundamental ; las conexiones se identifican por medio de un par de puntos extremos.

Un punto extremo es un par de números enteros (host, puerto), en donde host es la dirección IP de un anfitrión y puerto es el puerto TCP en dicho anfitrión.

Las conexiones vienen definidas por dos puntos extremos y la abstracción de la conexión para TCP permite que varias conexiones compartan un punto extremo (por ejemplo, varias conexiones en los mismos puertos). Esto es posible debido a que el TCP identifica una conexión por medio de un par de puntos extremos, y por eso varias conexiones en la misma máquina pueden compartir un número de puerto TCP.

El TCP combina la asignación dinámica y estática de puertos mediante un conjunto de asignaciones de puertos bien conocidos para programas llamados con frecuencia, pero la salida de la mayor parte de los números disponibles para el sistema se asigna conforme los programas lo necesitan.

La Tabla II-1 muestra una parte de los números de puerto TCP asignados actualmente.

DECIMAL	CLAVE	CLAVE UNIX	DESCRIPCIÓN
0			Reservado
1	TCPMUX		Multiplexor TCP
5	RJE		Introducción de función remota
7	ECHO	echo	Eco
9	DISCARD	discard	Abandonar
11	USERS	systat	Usuarios activos
13	DAYTIME	daytime	Fecha, hora
15		netstat	Estado de red
17	QUOTE	qotd	Cita del día
19	CHARGEN	chargen	Generador de caracteres
20	FTP-DATA	ftp-data	Datos para FTP
21	FTP	ftp	File Transfer Protocol
23	TELNET	telnet	Conexión por terminal
25	SMTP	Smtip	Protocolo de Transporte de Correo Sencillo
42	NAMESERVER	Name	Nombre del host servidor
43	NICNAME	Whois	Comando whois
53	DOMAIN	nameserver	Servidor de nombre de dominio (DNS)
79	FINGER	Finger	Comando finger
93	DCP		Protocolo de Control de Dispositivo
101	HOSTNAME	hostnames	Servidor de Nombre de Anfitrión NIC
103	X400	x400	Servicio de correo X400
104	X400-SND	x400-snd	Envío de coreo X400

Tabla II -1. Numeración de Puertos TCP.

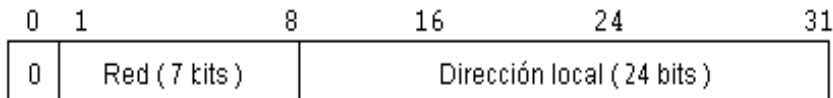
Direccionamiento TCP/IP

El TCP/IP utiliza una dirección de 32 bits para identificar una máquina y la red a la cual está conectada. Únicamente el NIC (Centro de Información de Red) asigna las direcciones IP homologadas (o Internet), aunque si una red no está conectada a Internet, dicha red puede determinar su propio sistema de numeración con direcciones no homologadas.

Hay cinco clases para la dirección IP, cada una de los cuales se utiliza dependiendo del tamaño de la red. Las cinco clases, Clase A hasta Clase E, aparecen en la figura II-3 :

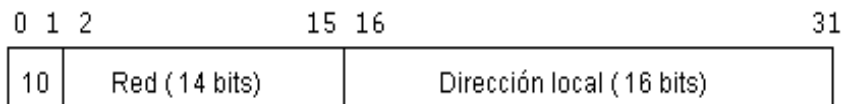
CLASE A: Redes 1.x.x.x a 126.x.x.x

Mascara de red 255.0.0.0



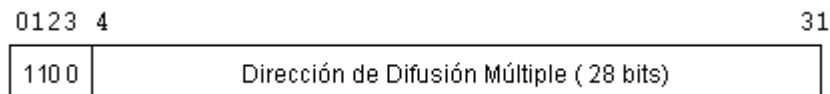
CLASE B: Redes 128.x.x.x a 191.x.x.x

Mascara de red 255.255.0.0



CLASE C: Redes 192.x.x.x a 223.x.x.x

Mascara de red 255.255.255.0



CLASE D: Redes 224.x.x.x a 239.x.x.x

Multicast

CLASE E: Redes 240.x.x.x a 254.x.x.x

Reservadas

Figura II - 3. Clases para direcciones IP

Conceptualmente, cada dirección está compuesta por un par (Red (netid), y Dirección Local (hostid)) en donde se identifica la red y el host dentro de la red. La clase se identifica mediante las primeras secuencias de bits, a partir de los 3 primeros bits (de orden más alto). Las direcciones de Clase A corresponden a redes grandes con muchas máquinas. Las direcciones en decimal son 1.x.x.x hasta la 126.x.x.x (lo que permite hasta 1.6 millones de hosts). Las direcciones de Clase B sirven para redes de tamaño intermedio, y el rango de direcciones varía desde el 128.x.x.x hasta el 191.x.x.x. Esto permite tener 16320 redes con 65024 host en cada una. Las direcciones de Clase C tienen sólo 8 bits para la dirección local o de anfitrión (host) y 21 bits para red. Las direcciones de esta clase están comprendidas entre 192.x.x.x y 223.x.x.x, lo que permite cerca de 2 millones de redes con 254 hosts cada una. Por último, las direcciones de Clase D se usan con fines de multidifusión, cuando se quiere una difusión general a más de un dispositivo. El rango es desde 224.x.x.x hasta 239.x.x.x. Cabe decir que, las direcciones de clase E (aunque su utilización es reservada) comprenden el rango desde 240.x.x.x hasta el 254.x.x.x.

Por tanto, las direcciones IP son cuatro conjuntos de 8 bits, con un total de 32 bits. Por comodidad estos bits se representan como si estuviesen separados por un punto, por lo que el formato de dirección IP puede ser red.local.local.local para Clase A hasta red.red.red.local para clase C.

A partir de una dirección IP, una red puede determinar si los datos se enviarán a través de una gateway (compuerta). Obviamente, si la dirección de la red es la misma que la dirección actual (enrutamiento a un dispositivo de red local, llamado host directo), se evitará la gateway ; pero todas las demás direcciones de red se enrutarán a una gateway para que salgan de la red local. La gateway que reciba los datos que se transmitirán a otra red tendrá entonces que determinar el enrutamiento con base en la dirección IP de los datos y una tabla interna que contiene la información de enrutamiento.

Otra de las ventajas que ofrece el direccionamiento IP es el uso de direcciones de difusión (broadcast addresses), que hacen referencia a todos los hosts de la misma red. Según el estándar, cualquier dirección local (hostid) compuesta toda por 1s está reservada para difusión (broadcast). Por ejemplo, una dirección que contenga 32 1s se considera un mensaje difundido a todas las redes y a todos los dispositivos. Es posible difundir en todas las máquinas de una red alterando a 1s toda la dirección local o de anfitrión (hostid), de manera que la dirección 147.10.255.255 para una red de Clase B se recibiría en todos los dispositivos de dicha red ; pero los datos no saldrían de dicha red.

Ejemplos prácticos :

EJEMPLO I

Consideremos la siguiente dirección IP en binario:
11001100.00001000.00000000.10101010 (204.8.0.170)

La dirección de la máscara (MASK) es en binario :
11111111.11111111.11100000.00000000 (255.255.224.0)

Según lo visto anteriormente, para hallar la dirección de Subred (SubNet) tomamos la IP y considerando que todo lo que tenga 1s en la máscara se queda como está en la IP, y todo lo que tenga 0s en la máscara se pone a 0 en la IP. Entonces, la dirección de SubRed es :

11001100.00001000.00000000.00000000 (204.8.0.0)

EJEMPLO II

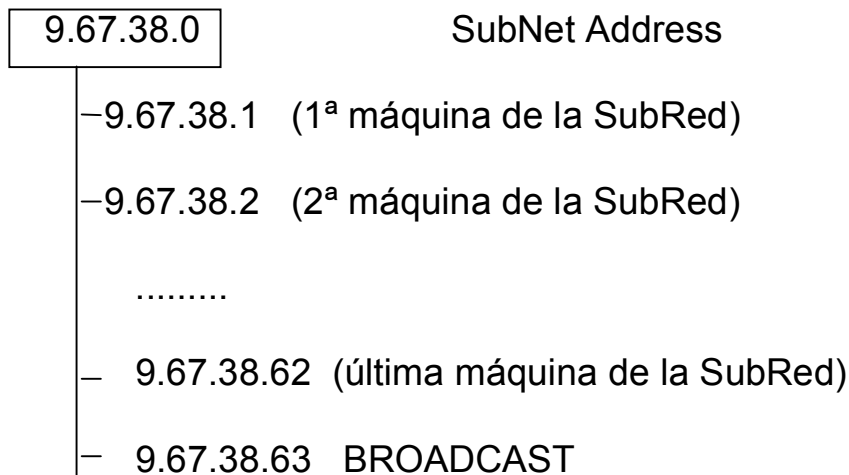
Sea la dirección IP en binario :
00001001.01000011.00100110.00000000 (9.67.38.0)

Cuya máscara de red es :
11111111.11111111.11111111.11000000 (255.255.255.192)

Siguiendo el criterio anterior, tenemos que la dirección de SubNet es :

00001001.01000011.00100110.00000000 (9.67.38.0)

En la dirección de la máscara de red, los último 6 bits han quedado a 0. Estos bits son los que definen las máquinas de la SubRed ($2^6=64$). De estas 64 máquinas quitamos la última de ellas (será para el Broadcast). Por tanto tendremos :



EJEMPLO III

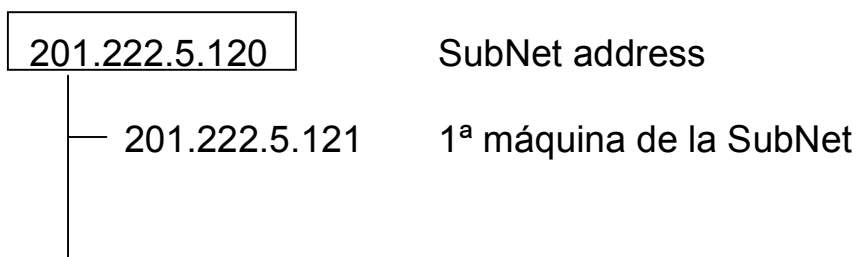
Sea la dirección IP 201.222.5.121, la dirección de máscara 255.255.255.248, entonces , haciendo los correspondientes cálculos en binario tenemos que :

201.222.5.121 (IP address)

255.255.255.248 (NET MASK)

210.222.5.120 (SubNet addr.)

En la dirección de máscara, el 248 es 11111000, por tanto los últimos 3 bits a 0 son destinados para las máquinas de red ($2^3=8$), por tanto habrá 6 máquinas :



—	201.222.5.122	2ª máquina de la SubNet
	
—	201.222.5.126	última máquina de la SubNet
—	201.222.5.127	BROADCAST

X.25

En los años 70's existían muchas redes de comunicación de información (conocidas también como Redes Públicas), que eran propiedad de compañías privadas, organizaciones y agencias gubernamentales. Dado que esas redes públicas eran bastante diferentes por dentro y la interconexión de redes comenzaba a crecer con gran rapidez, existía una necesidad de un protocolo de interfaz de red común. En 1976 X.25 fue recomendado como el protocolo deseado por la CCITT (ITU desde 1993).

X.25 es un protocolo de red de información de paquetes 'switcheados' que define una recomendación internacional para el intercambio de datos así como información de control entre un dispositivo de usuario (host), llamado Equipo Terminal de Información (DTE) y un nodo de red, llamado Equipo de Terminación de Circuito de Información (DCE). X.25 utiliza un servicio orientado a la conexión, el cual asegura que los paquetes se transmitan en orden. X.25 se define en 3 niveles basados en las primeras 3 de las 7 capas del modelo OSI. *Figura II-4*. Estos niveles son:

- Nivel Físico.- Es similar a la capa física del modelo OSI.
- Nivel de Enlace.- Es similar a la capa de enlace del modelo OSI.
- Nivel de Paquete.- Es similar a la capa de red del modelo OSI.

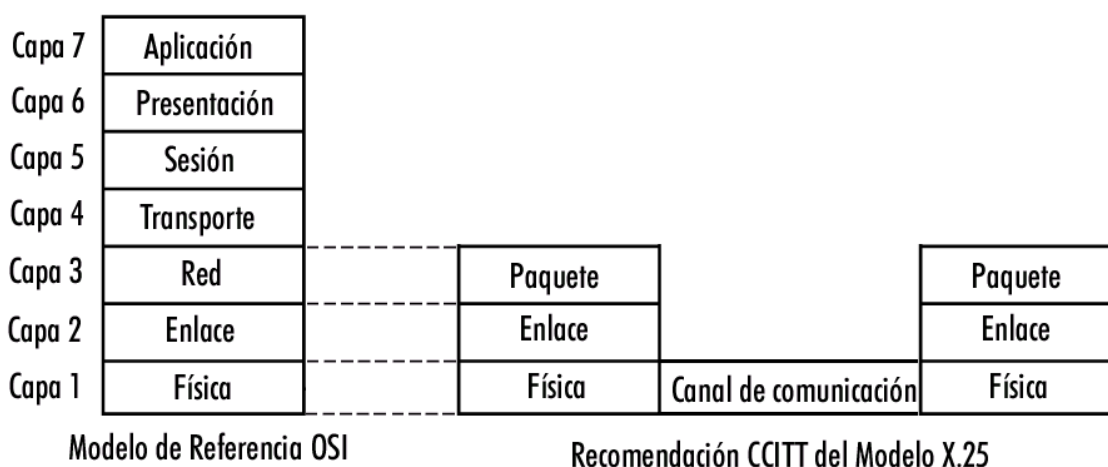


Figura II - 4. Modelo X.25 y su relación con el Modelo OSI.

X.25 fue aprobado originalmente en 1976 y revisado subsecuentemente en 1977, 1980, 1984, 1988 y 1992. Hasta hace unos años era una de las interfaces para redes de comunicación de información más ampliamente utilizada.

El nivel físico.

El nivel físico (nivel 1) abarca lo relacionado con la interfaz eléctrica, mecánica, procedural y funcional entre el DTE y el DCE. Este nivel está especificado por las siguientes recomendaciones:

- X.21. Es una recomendación de la CCITT para la operación de circuitos digitales. La interfaz X.21 opera sobre ocho circuitos de intercambio: tierra de la señal, regreso común del DTE, transmisión, recepción, control, indicación, temporización de los elementos de señal y temporización de bytes. Las funciones específicas se detallan en la recomendación X.24 y sus características eléctricas en la X.27.
- X.21-bis. Es una recomendación de la CCITT que define la interfaz análoga para permitir el acceso a la red 'switchada' de circuitos digitales usando un circuito análogo. X.21-bis provee procedimientos para mandar y recibir información de direccionamiento lo cual permite al DTE establecer circuitos

'switcheados' con otros DTE's que tienen acceso a la red digital.

- V.24. También es una recomendación de la CCITT y provee procedimientos que permiten al DTE operar sobre circuitos análogos dedicados conectándolo a un nodo o concentrador de 'switcheo' de paquetes.

La interfaz Digital X.21.

En 1976 la CCITT recomendó una interfaz de señalización digital llamada X.21. *Tabla II-2.* Ésta especifica como el DTE puede establecer y terminar llamadas intercambiando señales con el DCE.

Línea	Nombre	Del DCE	Del DTE
G	Tierra de la señal		
Ga	Regreso común del DTE	X	
T	Transmisión	X	
R	Recepción		X
C	Control	X	
I	Indicación		X
S	Temporización de elementos de señal		X
B	Temporización de bytes		X

Tabla II - 2. Interfaz X.21.

El conector físico tiene 15 pines, pero no todos son utilizados. El DTE usa los circuitos T y C para transmitir información de control y datos. El DCE utiliza los circuitos R e I para control e información. El circuito S contiene una cadena de señalización emitida por el DCE para proveer información de temporización de modo que el DTE sabe cuando cada intervalo de bits comienza y termina. El circuito B puede también agrupar los bits en tramas de bytes. Si esta opción no está presente el DCE y el DTE deben empezar cada secuencia de control con al menos 2 caracteres SYN para permitir que los dos puedan deducir la frontera implícita de la trama.

El nivel de enlace.

Este nivel (también llamado nivel 2 o de trama) asegura una transmisión confiable de información entre el DTE y el DCE, transmitiendo la información como una secuencia de tramas (una trama es una unidad individual de información que contiene direcciones, control, información, etc.). Las funciones realizadas por este nivel incluyen:

- Transferencia de información de manera eficiente y rápida.
- Sincronización del enlace para asegurar que el receptor lleva el mismo paso que el transmisor.
- Detección de errores de transmisión y recuperación de dichos errores.
- Identificación y reporte de errores procedurales en más altos niveles, para recuperación.

El nivel de enlace utiliza procedimientos de control del enlace de información que son compatibles con el Enlace de Información de Alto Nivel (HDLC) estandarizado por la ISO, y con los Procedimientos de Control de Comunicación de Información Avanzados (ADCCP) estandarizados por el ANSI. Existen varios protocolos que pueden ser utilizados en este nivel:

- Protocolo de Acceso al Enlace Balanceado (LAPB) .- Se deriva del HDLC y es el que se usa con más frecuencia. Permite realizar una conexión lógica junto con las demás características del HDLC.
- Protocolo de Acceso al Enlace (LAP) .- Es una versión anterior del LAPB y actualmente rara vez se usa.
- Procedimiento de Acceso al Enlace, Canal D (LAPD) .- Se deriva del LAPB y se utiliza para Redes Digitales de Servicios Integrados (ISDN).
- Control Lógico del Enlace (LLC) .- Es un protocolo de LAN de la IEEE 802 que permite a los paquetes de X.25 ser transmitidos a través de un canal LAN.

LAPB

El protocolo LAPB utiliza la estructura mostrada en la figura II-5 en su trama:



Figura II - 5. Estructura de la trama LAPB.

- Bandera : Indica el comienzo y el fin de cada trama.
- Dirección : Contiene la dirección del DTE/DCE. Es muy importante en líneas 'multidrop', donde se utiliza para identificar una de las terminales.
- Control : Contiene números de secuencia, comandos y respuestas para controlar el flujo de información entre el DTE y el DCE.
- Checksum : Indica si ocurrieron o no errores durante la transmisión. Es una variación del Código de Redundancia Cíclica (CRC).

Existen tres tipos de tramas:

- Información : Este tipo contiene la información que de hecho se está transmitiendo. El campo de control en estas tramas contiene el número de secuencia de la misma.
- Supervisora : Hay varios tipos de tramas supervisoras.
 - RECEIVE READY – Trama de reconocimiento indicando que se espera la siguiente trama.
 - REJECT – Trama de reconocimiento negativo utilizada para indicar la detección de un error en la transmisión.
 - RECEIVE NOT READY (RNR) – Lo mismo que RECEIVE READY pero le indica al transmisor que pare de enviar debido a problemas temporales.

- No Numerada : Este tipo de tramas se usa sólo para propósitos de control.

LAPB provee los siguientes comandos:

- DISC (DISConnect) – Le permite a la máquina anunciar que se va a apagar.
- SNRT (Set Normal Response Time) – Le permite a una máquina que acaba de ponerse en línea anunciar su presencia.
- FRMR (FRaMe Reject) – Utilizado para indicar que una trama con un checksum adecuado pero con semántica ilegible ha llegado.

El nivel de Paquete

El Nivel de Paquete (también llamado nivel 3 o de red) crea unidades de información de red llamados paquetes los cuales contienen información de control y de usuario. Este nivel provee procedimientos para manejar los siguientes servicios:

- Circuito Virtual (VC) .- Es una asociación temporal entre dos DTE's. Se inicia cuando un DTE manda una señal CALL REQUEST a la red. Este servicio asegura la devolución ordenada de paquetes en cualquier dirección entre dos DTE's. El VC se establece siempre que dos DTE's quieren comunicarse. Este servicio es el más frecuentemente usado por el protocolo X.25.
- Circuito Virtual Permanente (PVC) .- Es una asociación permanente existente entre dos DTE's que no requiere conectarse o desconectarse. Es similar a una línea dedicada.
- Circuito Virtual Switchado (SVC) .- Es similar a una llamada telefónica, se realiza una conexión, se transfiere información y se termina la conexión.
- Datagramas (DG) .- Es una unidad de información de usuario que contiene suficiente información para ser ruteada al DTE destino (independientemente de todas las demás unidades de información) sin necesidad de establecer una llamada. Las

unidades de información se transmiten una a la vez sin garantía de ser entregadas o de una entrega ordenada. Cada datagrama debe contener la información completa de dirección y control para permitir que sea entregada al DTE destino adecuado.

- Selección Rápida .- Es un servicio que permite al paquete de control que establece el VC llevar también información.
- Otros Servicios .- El nivel de paquete también provee los procedimientos para el establecimiento y terminación de llamadas requeridos por el servicio VC. El nivel de paquete tiene que ver con el control del flujo para asegurarse que un usuario (DTE) no inutilice al otro usuario con paquetes, y para mantener una devolución de paquetes rápida y eficiente. El nivel de paquetes también maneja los errores para abortar o reiniciar un VC si fuera necesario.

Establecimiento de una llamada

Cuando un DTE A quiere comunicarse con un DTE B, debe establecer una conexión construyendo un paquete CALL REQUEST y pasándolo a su DCE. El DTE B recibe el paquete a través de la subred y su DCE. Si el DTE B desea aceptar la llamada, manda de regreso un paquete CALL ACCEPTED. Cuando el DTE A recibe dicho paquete el VC está establecido. En este punto los dos DTE's pueden utilizar una conexión full-dúplex para intercambiar paquetes de información. Cuando algún lado quiere terminar la llamada, manda un paquete CLEAR REQUEST al otro lado, el cual manda entonces un paquete CLEAR CONFIRMATION de regreso como reconocimiento.

El DTE determina el número del circuito en las llamadas de salida y el DCE determina el número del circuito en las llamadas de entrada. Si ambos al mismo tiempo escogen el mismo número, entonces ocurre una Colisión de Llamada. X.25 especifica que en este caso, la llamada de salida se manda y la de entrada se cancela.

El paquete de control.

El formato del paquete de control se muestra en la figura II-6.

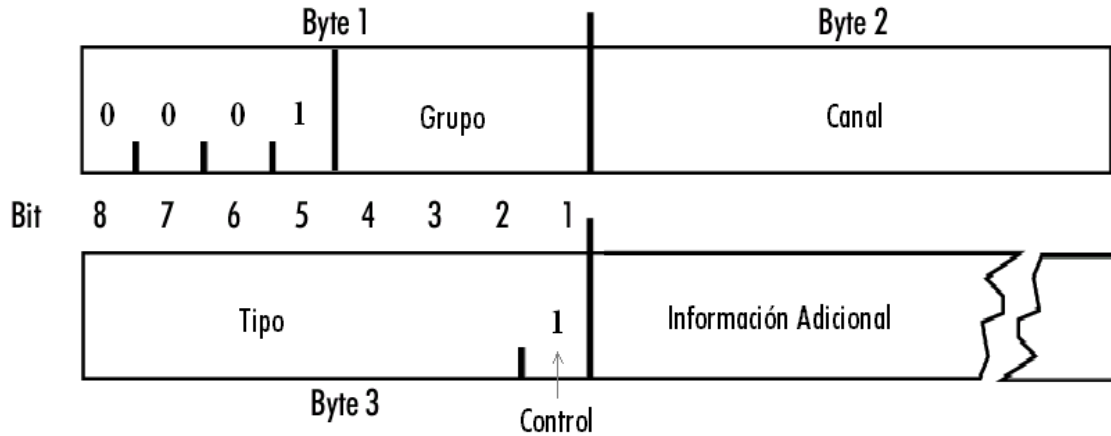


Figura II - 6. Paquete de control.

El paquete de control, así como todos los paquetes de X.25, comienza con un encabezado de 2 bytes. Los nibbles 1, 2 y 3 contienen los campos de Grupo y Canal que juntos forman un número de VC de 12 bits. El nibble 0 está reservado para uso futuro, por lo que un DTE puede tener hasta 4095 VC's al mismo tiempo.

El paquete CALL REQUEST

La información adicional del paquete CALL REQUEST se muestra en la figura II-7:



Figura II - 7. Paquete CALL REQUEST.

Los primeros dos campos indican qué tan largas son las direcciones de origen y destino. Los siguientes dos campos son

las direcciones, las cuales están codificadas como dígitos decimales, con 4 bits por dígito. El sistema de direccionamiento utilizado en X.25 está definido en la recomendación de la CCITT X.121. Este sistema es similar a la red pública de telefonía switchheada, donde cada host está identificado por un número decimal que consiste en código de país, código de red y una dirección dentro de la red especificada. La dirección completa puede contener hasta 14 dígitos, de los cuales los primeros 3 indican el país y el siguiente indica el número de la red (para países con muchas redes públicas existen códigos de país múltiples). La división de los 10 dígitos restantes no está especificada por el X.121, permitiendo a cada red alojar ella misma 10 mil millones de direcciones. El campo de Longitud de Facilidades indica cuantos bytes de campo de Facilidades siguen, el cual se utiliza para solicitar características especiales para la conexión. Estas características pueden variar de red a red. Algunas posibilidades son cargo en reversa (llamadas por cobrar), un circuito virtual simplex en vez de uno full dúplex, longitud de paquete máxima y un tamaño de ventana en vez de utilizar los 128 bytes y 2 paquetes por default. El último campo es el de Información de Usuario, el cual permite al DTE mandar hasta 16 bytes de información junto con el paquete CALL REQUEST.

Otros paquetes son:

- El paquete CALL ACCEPTED, que se manda por el DTE si éste acepta la llamada.
- El paquete CLEAR REQUEST, que se manda por varias razones; el cuarto byte del paquete indica porque la conexión se termina. Se reconoce por el paquete CLEAR REQUEST CONFIRMATION.
- El paquete INTERRUPT permite que una corta señal (32 bytes) sea mandada fuera de secuencia. Se reconoce por un paquete INTERRUPT CONFIRMATION.
- El paquete RECEIVE READY (RR) se utiliza para mandar reconocimientos separados donde no hay tráfico en reversa. El campo ppp (los tres primeros bits del campo tipo) indica qué paquete se espera después.

- El paquete RECEIVE NOT READY (RNR) permite al DTE indicarle al otro lado que detenga el envío de paquetes hacia él por un momento.
- El paquete REJECT permite al DTE solicitar una retransmisión de una serie de paquetes. El campo ppp da el primer número deseado de la secuencia.
- Los paquetes RESET y RESTART se utilizan para recuperarse de problemas de varios tipos. Ambos son reconocidos por los paquetes RESET CONFIRMATION y RESTART CONFIRMATION respectivamente.
- El paquete DIAGNOSTIC sirve para permitirle a la red informarle al usuario los problemas.

El Paquete de Información.

El formato de un paquete de información se muestra en la figura II-8:

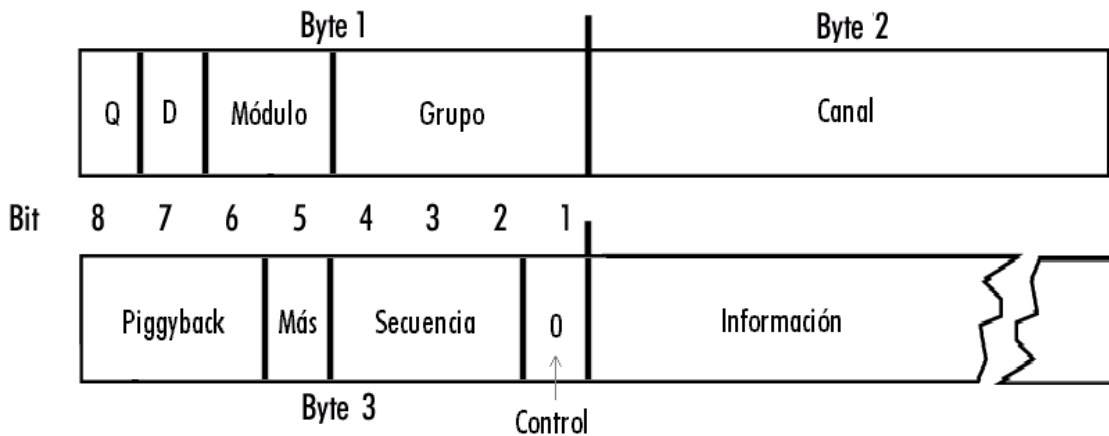


Figura II - 8. Paquete de Información.

El bit Q indica información calificada, la intención es permitir a los protocolos en las capas superiores poner este bit en '1' para separar sus paquetes de control de sus paquetes de información. El campo de Control es siempre '0' para los paquetes de información. Los campos de Secuencia y Piggyback se utilizan para el flujo de control, utilizando una ventana corrediza. Los números de secuencia son módulo 8 si Módulo es 01 y módulo 128 si Módulo es 10 (00 y 11 son ilegales). Si se utilizan números de secuencia módulo 128, el encabezado se extiende con un byte

adicional para acomodar campos de Secuencia y Piggyback más largos. El bit D determina el significado del campo Piggyback. Si $D=0$, entonces quiere decir que el DCE local ha recibido el paquete, pero no implica que el DTE remoto lo haya recibido. Si $D=1$, entonces significa que el paquete ha sido entregado exitosamente al DTE remoto. El campo Más permite al DTE indicar que un grupo de paquetes deben ir juntos. El estándar es que se requiere que las portadoras soporten una longitud máxima de paquete de 128 bytes de información. Sin embargo, también permite a las portadoras proveer longitudes máximas opcionales desde 16 hasta 4096 bytes (en potencias de 2).

ATM

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM Asynchronous Transfer Mode) es una tecnología de conmutación de muy alta velocidad capaz de soportar aplicaciones multimedia de tráfico de datos, voz y video.

En las redes locales convencionales, por ejemplo Ethernet, se transmiten paquetes de longitud variable y se usa un esquema de contención no determinístico para acceder el medio. Cuando se transmiten datos de algún servicio en tiempo real tal como voz, esto podría causar retardos intolerables. Además la longitud variable de los paquetes podría causar una variación de fase (jitter) inaceptable.

En ATM se usan pequeñas unidades de longitud fija, llamadas células, para transferir los datos. Los paquetes de datos son segmentados en células antes de ser colocados en el medio de transmisión y son reensamblados subsecuentemente en el destino. Esto conlleva a que las células de paquetes de tiempo crítico pequeño (por ejemplo, las de tráfico de voz) sean intercaladas con aquellas de paquetes muy grandes (por ejemplo transferencia de archivos).

En resumen, las células de longitud fija y pequeña producen un retardo mucho menor y reducen el jitter en la transmisión de datos en tiempo real a través de la red.

ATM combina la ventaja de poder tener un ancho de banda garantizado, ofrecida por los servicios de emulación de circuitos, con la flexibilidad de la asignación de ancho de banda dinámico (bajo demanda) que ofrece la conmutación de paquetes. Antes de que la comunicación pueda tener lugar en una red ATM, se establece una conexión o circuito virtual entre el emisor y el receptor. El circuito virtual garantiza la disponibilidad en la red del ancho de banda solicitado. A diferencia de los sistemas tradicionales orientados a conexión, tal como el sistema telefónico, en el que el ancho de banda de cualquier conexión punto a punto es estático, el ancho de banda de un circuito virtual es dinámico y se establece cuando se crea este circuito.

En la mayoría de las redes, incluyendo la Ethernet, el cable es compartido por todos los dispositivos conectados a la red. En contraste, en la red ATM, el medio físico no es compartido. En vez de esto, cada dispositivo conectado a la red ATM tiene su propio enlace dedicado que se conecta directamente al switch.

En varios aspectos, ATM es el resultado de un problema similar al de la teoría del campo unificada en física: tratar de transportar un universo diferente de servicio de voz, vídeo por un lado y datos por otro de manera eficiente usando una simple tecnología de conmutación y multiplexación.

ATM resuelve este problema combinando la simplicidad de la multiplexación por división en el tiempo (Time Division Multiplex TDM) encontrado en la conmutación de circuitos, con la eficiencia de las redes de conmutación de paquetes con multiplexación estadística. Por eso es que algunos hacen reminiscencias de perspectivas de conmutación de circuitos mientras que otros lo hacen a redes de paquetes orientados a conexión.

Multiplexación en ATM

Un examen más cercano del protocolo ATM y cómo opera ayudará a explicar cómo los circuitos virtuales, las rutas virtuales, los conmutadores y los servicios que ellos acarrearán se afectan entre sí.

La figura II-9 muestra un formato básico y la jerarquía de ATM. Una conexión ATM, consiste de "celdas" de información contenidos en un circuito virtual (VC). Estas celdas provienen de diferentes fuentes representadas como generadores de bits a tasas de transferencia constantes como la voz y a tasas variables tipo ráfagas (bursty traffic) como los datos. Cada celda compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para trasiego de información y los restantes para uso de campos de control (cabecera) con información de "quién soy" y "donde voy"; es identificada por un "virtual circuit identifier" VCI y un "virtual path identifier" VPI dentro de esos campos de control, que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión. La organización de la cabecera (header) variará levemente dependiendo de sí la información relacionada es para interfaces de red a red o de usuario a red. Las celdas son enrutadas individualmente a través de los conmutadores basados en estos identificadores, los cuales tienen significado local - ya que pueden ser cambiados de interfaz a interfaz.

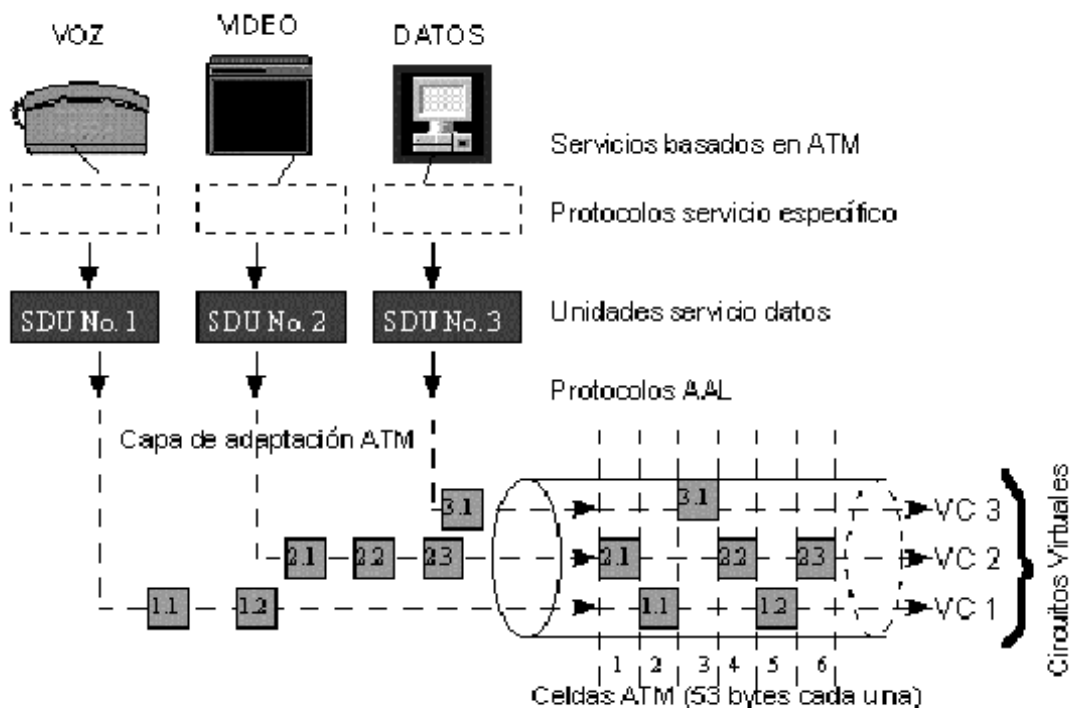


Figura II - 9. Formato Básico y la Jerarquía de ATM.

La tecnología ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, similar a la operación de una red conmutada de paquetes. La figura II-10 describe los procesos de conmutación implícitos los VC switches y los VP switches.

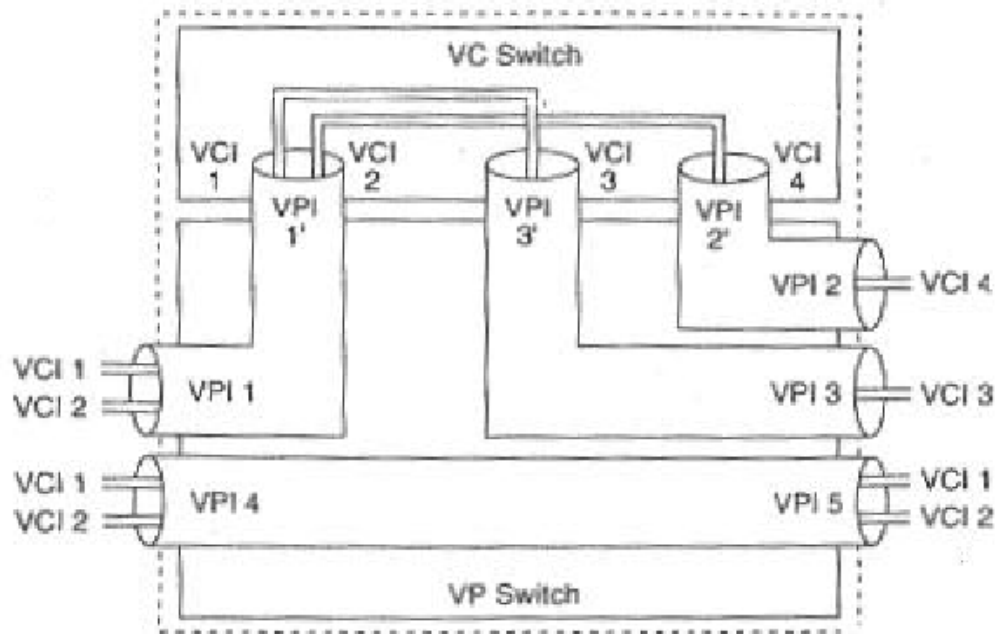


Figura II - 10. Procesos de Conmutación.

Los slots de celda no usados son llenados con celdas "idle", identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda. Este sistema no es igual al llamado "bit stuffing" en la multiplexación asíncrona, ya que aplica a celdas enteras.

Diferentes categorías de tráfico son convertidas en celdas ATM vía la capa de adaptación de ATM (AAL - ATM Adaptation Layer), de acuerdo con el protocolo usado.

La tecnología ATM ha sido definida tanto por el ANSI como por el CCITT a través de sus respectivos comités ANSI T1, UIT SG XVIII, como la tecnología de transporte para la B-ISDN (Broad Band Integrated Services Digital Network), la RDSI de banda ancha. En

este contexto "transporte" se refiere al uso de técnicas de conmutación y multiplexación en la capa de enlace (Capa 2 del modelo OSI) para el trasiego del tráfico del usuario final de la fuente al destino, dentro de una red. El ATM Forum, grupo de fabricantes y usuarios dedicado al análisis y avances de ATM, ha aprobado cuatro velocidades UNI (User Network Interfaces) para ATM: DS3 (44.736 Mbit/s), SONET STS3c (155.52 Mbit/s) y 100 Mbit/s para UNI privados y 155 Mbit/s para UNI privadas. UNI privadas se refieren a la interconexión de usuarios ATM con un switch ATM privado que es manejado como parte de la misma red corporativa. Aunque la tasa de datos original para ATM fue de 45 Mbit/s especificado para redes de operadores (carriers) con redes T3 existentes, velocidades UNI adicionales se han venido evaluando y están ofreciéndose. También hay un alto interés en interfaces, para velocidades E1 (2Mbps) y T1 (1,544 Mbps) para accesos ATM de baja velocidad.

Las Capas de ATM.

El protocolo ATM consiste de tres niveles o capas básicas. *Figura II-11.*

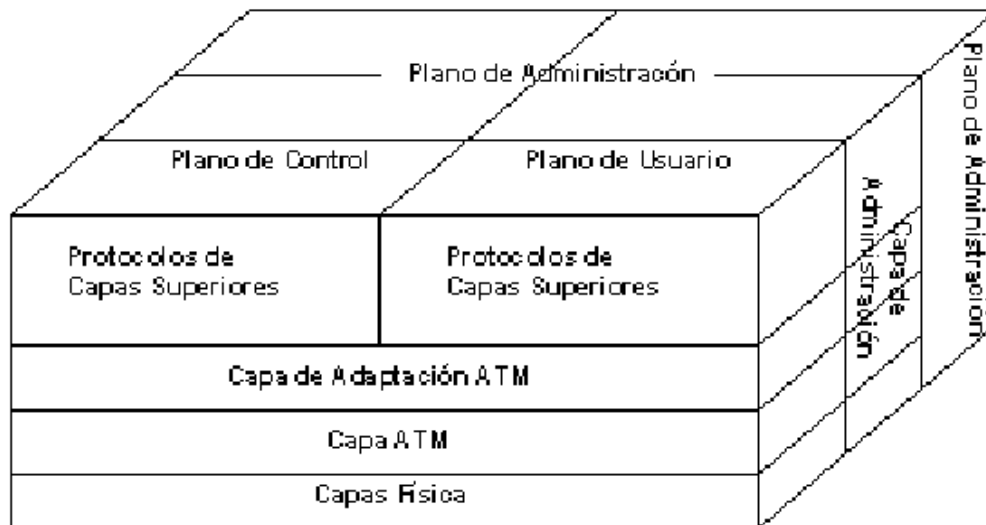


Figura II - 11. Capas de ATM.

La primera capa llamada capa física (Physical Layer), define las interfaces físicas con los medios de transmisión y el protocolo de

trama para la red ATM es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el medio físico apropiado. A diferencia de muchas tecnologías LAN como Ethernet, que especifica ciertos medios de transmisión, (10 base T, 10 base 5, etc.) ATM es independiente del transporte físico. Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SONET (Synchronous Optical Network), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), T3/E3, TI/EI o aún en modems de 9600 bps. Hay dos subcapas en la capa física que separan el medio físico de transmisión y la extracción de los datos:

- La subcapa PMD (Physical Medium Dependent) tiene que ver con los detalles que se especifican para velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de reloj, etc., Por ejemplo, la tasa de datos SONET que se usa, es parte del PMD.
- La subcapa TC (Transmission Convergence) tiene que ver con la extracción de información contenida desde la misma capa física. Esto incluye la generación y el chequeo del Header Error Corrección (HEC), extrayendo celdas desde el flujo de bits de entrada y el procesamiento de celdas "idles" y el reconocimiento del límite de la celda. Otra función importante es intercambiar información de operación y mantenimiento (OAM) con el plano de administración.

La segunda capa es la capa ATM. Esta define la estructura de la celda y cómo las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en una red ATM, esta capa es independiente del servicio. El formato de una celda ATM es muy simple: consiste de 5 bytes de cabecera y 48 bytes para información.

Las celdas son transmitidas serialmente y se propagan en estricta secuencia numérica a través de la red. El tamaño de la celda ha sido escogido como un promedio entre una celda grande, que es muy eficiente para transmitir largas tramas de datos, y una celda corta que minimizan el retardo de procesamiento de extremo a extremo, que es buena para voz, vídeo y protocolos sensibles al retardo. A pesar de que no se diseñó específicamente para eso, la longitud de la celda ATM acomoda convenientemente dos Fast Packets IPX de 24 bytes cada uno.

Los comités de estándares han definido dos tipos de cabeceras ATM: los User-to-Network Interface (UNI) y la Network to Network Interface (NNI). La UNI es un modo nativo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (Customer Premises Equipment), tal como hubs o routers ATM y la red de área ancha ATM (ATM WAN). La NNI define la interfaz entre los nodos de la red (los switches o conmutadores) o entre redes. La NNI puede usarse como una interfaz entre una red ATM de un usuario privado y la red ATM de un proveedor público (carrier). Específicamente, la función principal de ambos tipos de cabeceras de UNI y la NNI, es identificar las "Virtual paths identifiers" (VPIS) y los "virtual circuits" o virtual channels"(VCIS) como identificadores para el ruteo y la conmutación de las celdas ATM.

La tercera capa es la ATM Adaptation Layer (AAL). La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes. Cinco tipos de servicio AAL están definidos actualmente:

La capa de Adaptación de ATM yace entre el ATM layer y las capas más altas que usan el servicio ATM. Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles del ATM layer. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y controla los errores de la transmisión. La información transportada por la capa de adaptación se divide en cuatro clases según las propiedades siguientes:

- Que la información que esta siendo transportada dependa o no del tiempo.
- Tasa de bit constante/variable.
- Modo de conexión.

Estas propiedades definen ocho clases posibles, cuatro se definen como B-ISDN Clases de servicios. La capa de adaptación de ATM define 4 servicios para equiparar las 4 clases definidas por B-ISDN:

- AAL-1
- AAL-2
- AAL-3
- AAL-4

La capa de adaptación se divide en dos subcapas:

- Capa de convergencia (convergence sublayer (CS)) :

En esta capa se calculan los valores que debe llevar la cabecera y los payloads del mensaje. La información en la cabecera y en el payload depende de la clase de información que va a ser transportada.

- Capa de Segmentación y reensamblaje (segmentation and reassembly (SAR))

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando los paquetes de ATM. Agrega la cabecera que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La figura II-12 da una mejor idea de ellas. La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y empaquetar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos de longitud variable.

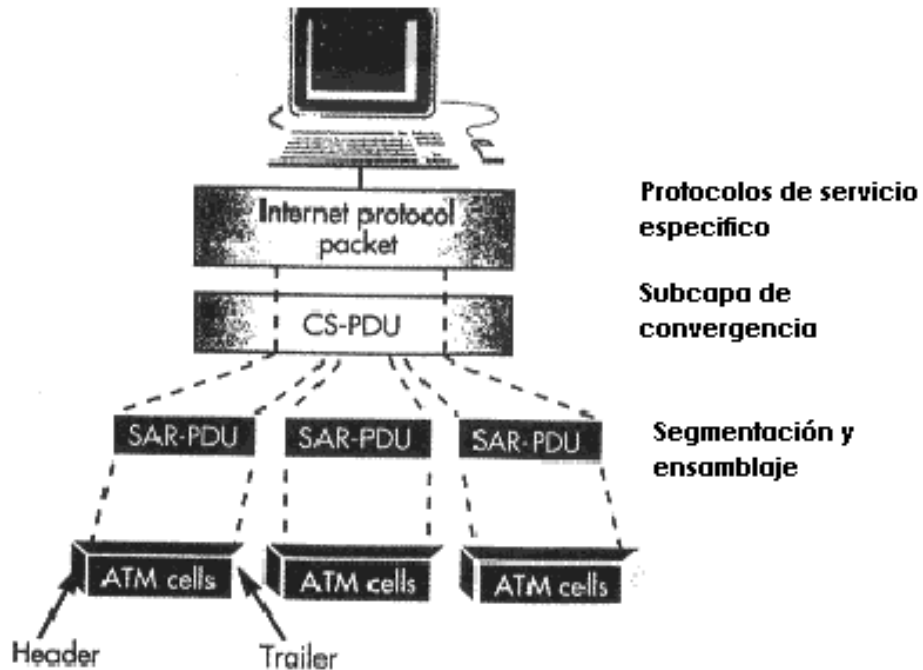


Figura II - 12. Subcapa CS.

Estos paquetes son conocidos como CS - PDU (CONVERGENCE SUBLAYER PROTOCOL DATA UNITS).

Luego, la subcapa recibe los SAR CS – PDU y los reparte en porciones del tamaño de la celda ATM para su transmisión. También realiza la función inversa (reensamblado) para las unidades de información de orden superior. Cada porción es ubicada en su propia unidad de protocolo de segmentación y reensamblado conocida como (SAR - PDU) SEGMENTATION AND REASSEMBLER PROTOCOL DATA UNIT, de 48 bytes.

Finalmente cada SAR - PDU se ubica en el caudal de celdas ATM con su header y trailer respectivos.

En la *Tabla II-3* y *Figura II-13* mostramos las características de las AAL-1 – AAL-5.

AAL	Tasa de bits	Errores	Capa de convergencia	Capa de segmentación y ensamblaje
AAL-1	Constante y dependiente del tiempo	Indica la información que no podrá ser recuperada	Las funciones dependen del servicio provisto. Provee corrección de errores.	<p>Añade una cabecera con 3 campos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de secuencia para detectar inserción o pérdida de paquetes • Número de secuencia para corregir errores • Indicador de la presencia de la función
AAL-2	Variable y dependiente del tiempo	Indica la información que no podrá ser recuperada	Provee corrección de errores y transporta la información del tiempo.	<p>Segmenta el mensaje y añade una cabecera con 2 campos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de secuencia para detectar inserción o pérdida de paquetes • Tipo de información

AAL	Tasa de bits	Errores	Capa de convergencia	Capa de segmentación y ensamblaje
AAL-3	Variable e independiente del tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Modo fiable: reenvío de datos perdidos; control de flujo opcional • Modo no fiable: recuperación de error en capas altas; control de flujo opcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Parte común; añade una cabecera y un payload: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cabecera: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicador de la parte común ▪ Etiqueta de comienzo ▪ Tamaño del buffer a reservar ○ Payload: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Byte de alineación ▪ Fin de la parte común ▪ Longitud de la parte común • Parte específica: Funciones para detección de errores y especiales. 	<p>Segmenta el mensaje y añade una cabecera y un payload</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Cabecera: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de segmento ▪ Número de paquete para detectar la inserción o pérdida de paquetes ▪ Identificador de multiplexación ○ Payload: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicador de longitud ▪ CRC
AAL-4	Similar a AAL-3. Provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita.			

Tabla II-3. Características de AAL-1 – AAL-4.

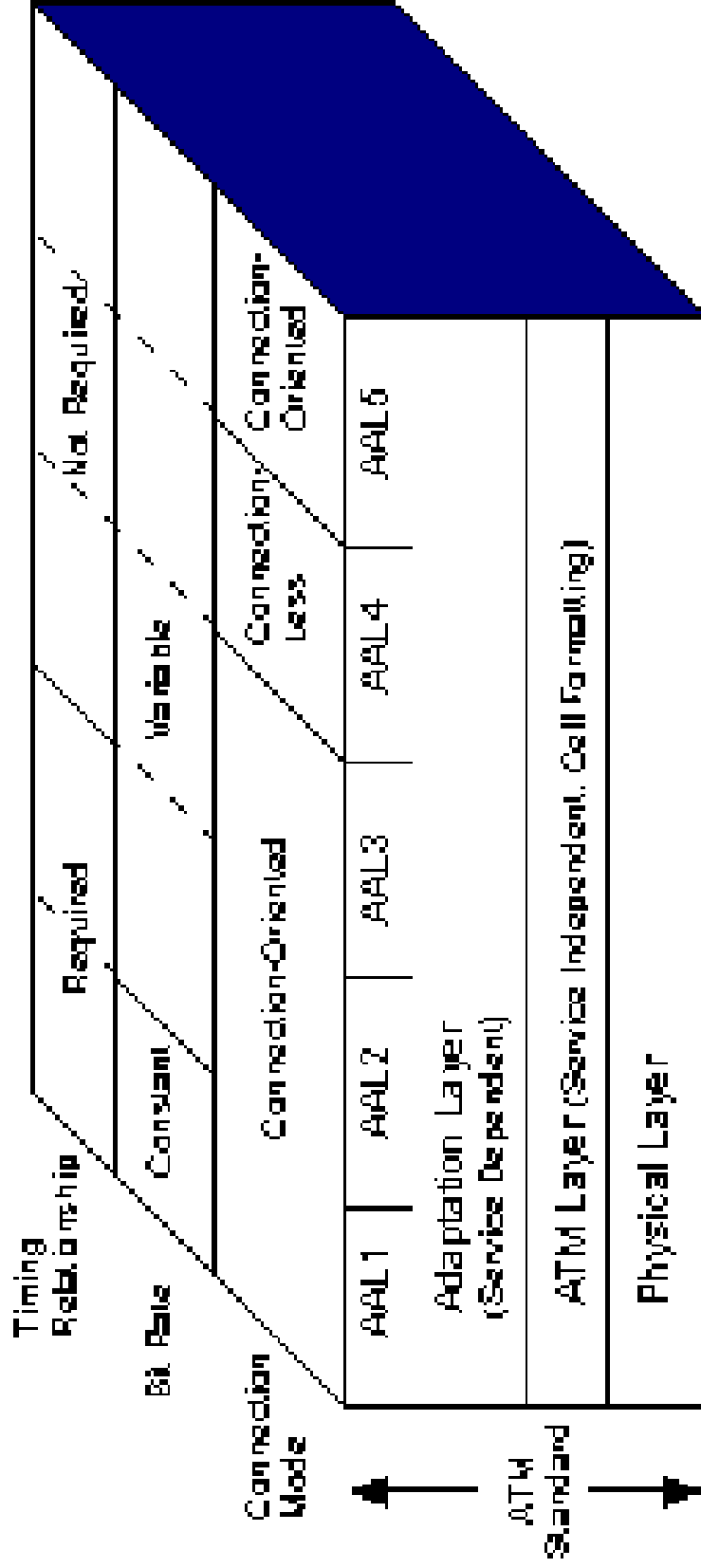


Figura II - 13. ATM y AAL.

FRAME RELAY

Frame Relay es un protocolo WAN de alto desempeño que opera en las capas física y de enlace de datos del modelo de referencia OSI. *Figura II-14*. Originalmente, la tecnología Frame Relay fue diseñada para ser utilizada a través de las ISDN. Hoy en día, se utiliza también a través de una gran variedad de interfaces de otras redes. *Figura II-15*.

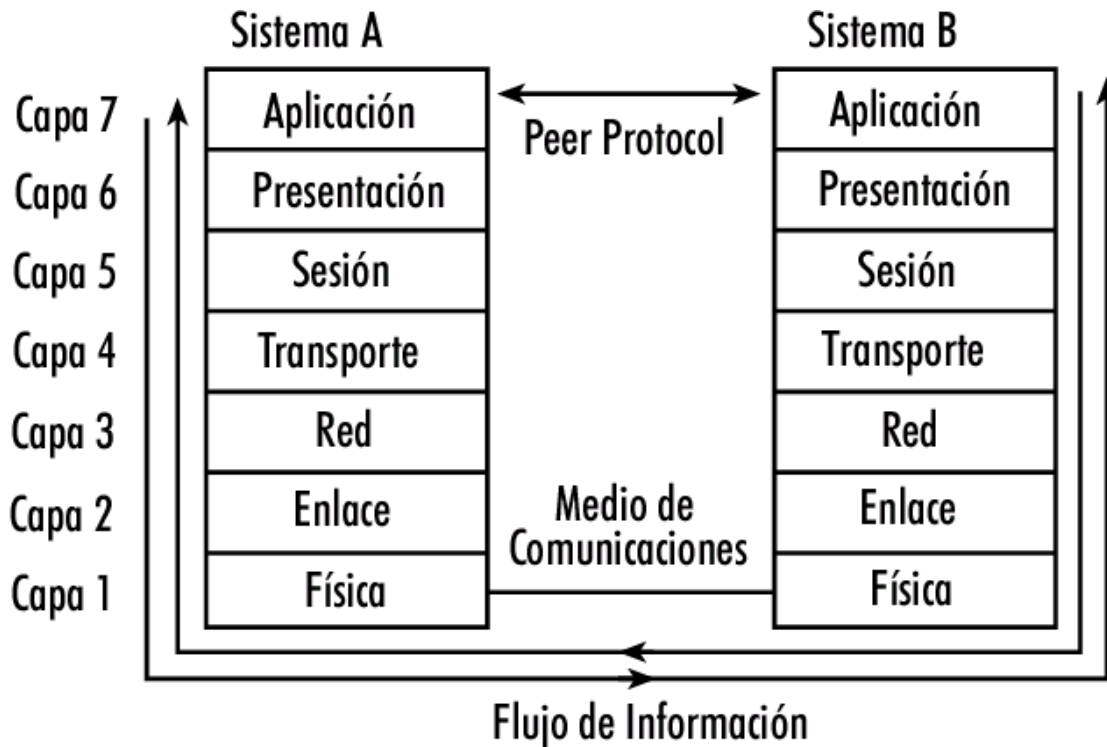


Figura II - 14. Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI).

Frame Relay es un ejemplo de tecnología de conmutación de paquetes. En las redes que utilizan esta tecnología, las estaciones terminales comparten el medio de transmisión de la red de manera dinámica, así como el ancho de banda disponible. Los paquetes de longitud variable se utilizan en transferencias más eficientes y flexibles. Posteriormente, estos paquetes se conmutan entre los diferentes segmentos de la red hasta que llegan a su destino. Las técnicas de multiplexaje estadístico controlan el acceso a la red en una red de conmutación de paquetes. La ventaja de esta técnica es que permite un uso más flexible y eficiente del ancho de banda.

Las LAN más aceptadas en la actualidad, como Ethernet y Token Ring, son redes de conmutación de paquetes.

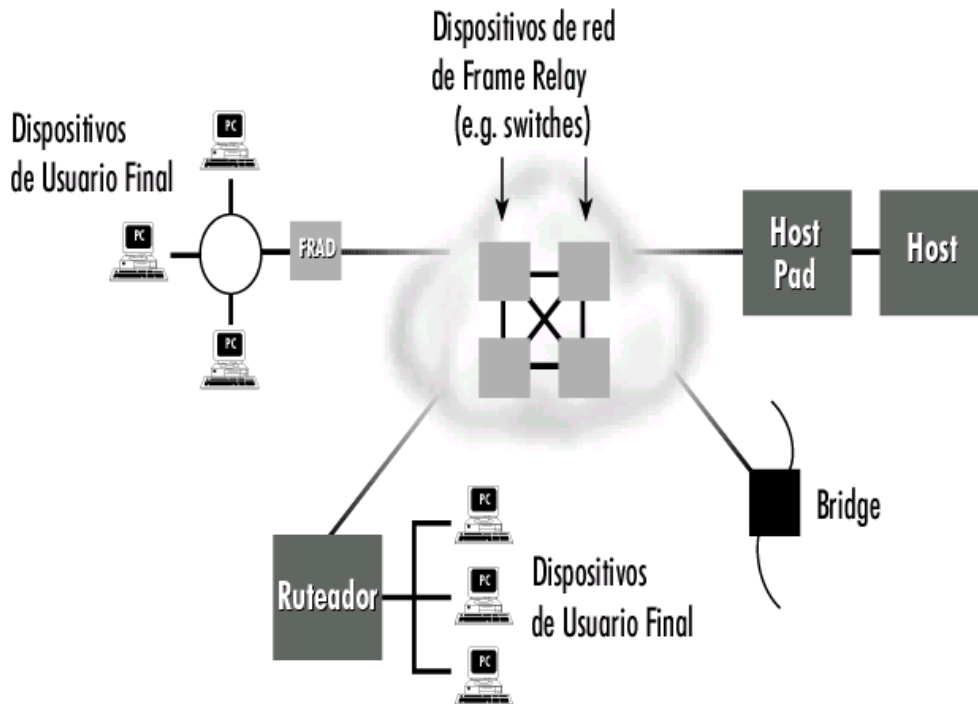


Figura II - 15. Red de Frame Relay.

A veces se describe a Frame Relay como una versión compacta de X.25 con menos características en cuanto a robustez, como el ventaneo y la retransmisión de los datos más recientes, que se ofrecen en X.25. Esto se debe a que Frame Relay normalmente opera a través de instalaciones WAN que ofrecen servicios de conexión más confiables y un mayor grado de confiabilidad que las disponibles a finales de los años 70 inicios de los 80, las cuales servían como plataformas habituales para las WAN's X.25.

Estandarización de Frame Relay

La propuesta inicial para la estandarización de Frame Relay se presentó al CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) en 1984. Sin embargo, por su falta de interoperabilidad y estandarización, Frame Relay no tuvo gran aceptación a fines de los años 80.

En 1990 hubo un gran desarrollo en la historia de Frame Relay cuando las compañías CISCO, Digital Equipment, Northern Telecom y StrataCom formaron un consorcio para aplicarse al desarrollo de la tecnología Frame Relay. Dicho consorcio desarrolló una especificación que conformó el protocolo básico de Frame Relay que se estaba analizando en el CCITT, pero ampliaba el protocolo con características que ofrecían facilidades adicionales en entornos complejos de interconectividad de redes. A estas conexiones de Frame Relay se les conoce en conjunto como LMI (Interfaz de Administración Local).

A nivel internacional, la tecnología Frame Relay fue estandarizada por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector Telecomunicaciones). En Estados Unidos, Frame Relay es un estándar del ANSI (Instituto Nacional Americano de Estándares).

Dispositivos de Frame Relay

Los dispositivos conectados a una WAN caen dentro de una de dos categorías generales: DTE (Equipo Terminal de Datos) y DCE (Equipo de Comunicación de Datos). Los DTE's, en general, se consideran equipo de terminal para una red específica, y por lo general, se localizan en las instalaciones de un cliente. De hecho, pueden ser propiedad del cliente. Algunos ejemplos de dispositivos DTE son las terminales, computadoras personales, ruteadores y bridges.

Los DCE son dispositivos de interconectividad de redes propiedad de la compañía de larga distancia. El propósito del equipo DCE es proporcionar los servicios de temporización y conmutación en una red, que son en realidad los dispositivos que transmiten datos a través de la WAN. En la mayoría de los casos, éstos son switches de paquetes.

La conexión entre un dispositivo DTE y un DCE consta de un componente de la capa física y otro de la capa de enlace de datos. El componente físico define las especificaciones mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para la conexión entre dispositivos.

Circuitos Virtuales Frame Relay

Frame Relay ofrece comunicación de la capa de enlace de datos orientada a la conexión. Esto significa que hay una comunicación permanente entre cada parte de dispositivos y que estas conexiones están asociadas con el identificador de la conexión. Este servicio se implementa por medio de un circuito virtual Frame Relay, que es una conexión lógica creada entre dos DTE a través de una Red de Conmutación de Paquetes (PSN) de Frame Relay.

Los circuitos virtuales ofrecen una trayectoria de comunicación bidireccional de un dispositivo DTE a otro y se identifica de manera única por medio del Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI).

Los circuitos virtuales Frame Relay caen dentro de dos categorías: Circuitos Virtuales Conmutados (SVC) y Circuitos Virtuales Permanentes (PVC).

Circuitos Virtuales Conmutados

Los SVC's son conexiones temporales que se utilizan en situaciones donde se requiere solamente de una transferencia de datos esporádica entre los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La operación de una sesión de comunicación a través de una SVC consta de cuatro estados:

- ◆ Establecimiento de la llamada – Se establece el circuito virtual entre dos dispositivos DTE Frame Relay.
- ◆ Transferencia de datos – Los datos se transmiten entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual.
- ◆ Ocioso – La conexión entre los dispositivos DTE aún está activa, sin embargo no hay transferencia de datos. Si un SVC permanece en estado ocioso por un periodo definido de tiempo, la llamada puede darse por terminada.
- ◆ Terminación de la llamada – Se da por terminado el circuito virtual entre los dispositivos DTE.

Circuitos Virtuales Permanentes

Los PVCs son conexiones establecidas en forma permanente, que se utilizan en transferencias de datos frecuentes y constantes entre dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La comunicación a través de un PVC no requiere los estados de establecimiento de llamada y finalización que se utilizan con los SVCs. Los PVCs siempre operan en alguno de los estados siguientes:

- ◆ Transferencias de datos – Los datos se transmiten entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual.
- ◆ Ocioso – Ocurre cuando la conexión entre los dispositivos DTE está activa, pero no hay transferencia de datos. A diferencia de los SVCs, los PVCs no se darán por finalizados en ninguna circunstancia ya que se encuentran en un estado ocioso.

Los dispositivos DTE pueden comenzar la transferencia de datos en cuanto estén listos, pues el circuito está establecido de manera permanente.

Identificador de conexión del enlace de datos

Los circuitos virtuales Frame Relay se identifican a través de los DLCIs. *Figura II-16*. Los DLCIs Frame Relay tienen un significado local, lo que quiere decir que los valores en sí mismos no son únicos en la WAN Frame Relay, por ejemplo, dos dispositivos DTE conectados a través de un circuito virtual pueden usar un valor diferente del DLCI para hacer referencia a la misma conexión.

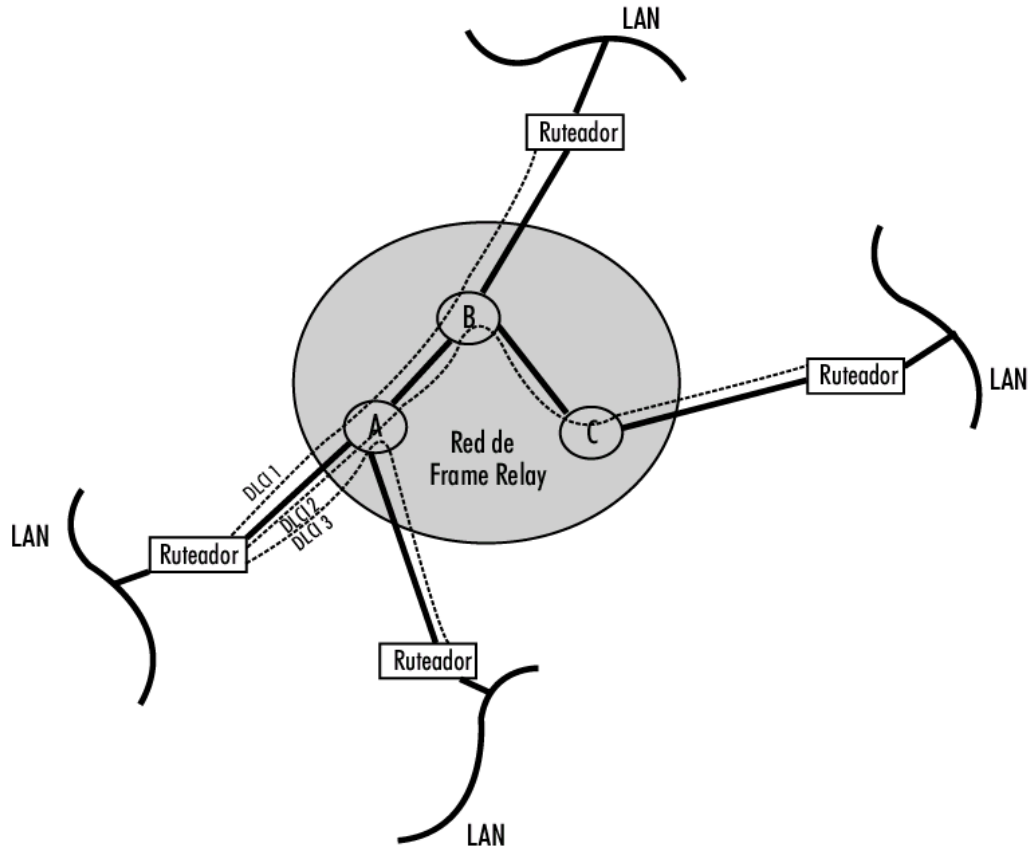


Figura II - 16. El DLCI indica el origen y destino de la información.

Mecanismos de Control de la Saturación

Frame Relay reduce el gasto indirecto de la red, al implementar mecanismos simples de notificación de la saturación, mas que un control de flujo explícito por cada circuito virtual. En general Frame Relay se implementa sobre medios de transmisión de red confiables para no sacrificar la integridad de los datos, ya que el control de flujo se puede realizar por medio de los protocolos de las capas superiores. La tecnología Frame Relay implementa dos mecanismos de notificación de la saturación:

- ◆ FECN (Notificación de la Saturación Explícita Hacia Adelante)
- ◆ BECN (Notificación de la Saturación Explícita Hacia Atrás)

Tanto FECN como BECN son controlados por un solo bit incluido en el encabezado de la trama Frame Relay, Este también contiene un bit DE (Elegibilidad para Descarte), que se utiliza para identificar el tráfico menos importante que se puede eliminar durante periodos de saturación.

Verificación de Errores en Frame Relay

Frame Relay utiliza un mecanismo para la verificación de errores conocido como Verificación de Redundancia Cíclica (CRC). El CRC compara dos valores calculados para determinar si se han presentado errores durante la transmisión de origen al destino. Frame Relay disminuye el gasto indirecto al implementarse sólo la verificación de errores y no su corrección.

Interfaz LMI

LMI (Interfaz de la Administración Local) es un conjunto de avances en la especificación básica de Frame Relay. Presenta varias características (llamadas extensiones) para la administración de interredes complejas. Entre las extensiones LMI más importantes de Frame Relay están el direccionamiento global, los mensajes de estatus de los circuitos virtuales y la multidifusión.

La extensión de direccionamiento global LMI otorga a los valores del DLCI Frame Relay un significado global más que local. Los valores DLCI se convierten en direcciones DTE únicas en la WAN Frame Relay. La extensión global de direccionamiento agrega funcionalidad y buena administración a las interredes Frame Relay.

Los mensajes de estatus de los circuitos virtuales LMI permiten la comunicación y sincronización entre los dispositivos DTE y DCE Frame Relay. Estos mensajes se utilizan para reportar, de manera periódica, el estatus de los PVCs, así se previene el envío de datos a agujeros negros (esto es, a través de PVCs inexistentes).

La extensión de LMI para multidifusión permite que se asignen grupos de multidifusión. Con la multidifusión se ahorra ancho de banda, ya que permite que los mensajes sobre la resolución de direcciones y de actualizaciones de ruteo sean enviados solamente a grupos específicos de ruteadores. La extensión también transmite reportes sobre el estatus de los grupos de multidifusión en los mensajes de actualización.

Implementación de la red Frame Relay

Una implementación habitual y privada de red Frame Relay consiste en equipar un multiplexor T1 con interfaz Frame Relay e interfaces que no sean Frame Relay. El tráfico de Frame Relay es enviado fuera de la interfaz Frame Relay y hacia la red de datos. El tráfico que no es de Frame Relay se direcciona hacia la aplicación o servicio adecuados, como una PBX (Central Privada de Intercambio) de servicio telefónico o una aplicación de video teleconferencia.

Una red Frame Relay típica consta de varios dispositivos DTE, que pueden ser ruteadores, conectados hacia puertos remotos de un equipo multiplexor vía servicios tradicionales punto a punto como T1.

La mayoría de las redes Frame Relay que se utilizan en la actualidad son equipadas por los proveedores que ofrecen servicios de transmisión a clientes. A esto se le conoce como un servicio público de Frame Relay, pues también Frame Relay se implementa tanto en las redes públicas ofrecidas por las compañías de larga distancia, como en las redes privadas empresariales.

Redes públicas de larga distancia

En las redes públicas Frame Relay de larga distancia, el equipo de conmutación Frame Relay se ubica en las centrales telefónicas de compañías de larga distancia. A los suscriptores se les cobra determinada cantidad según el uso que hagan de la red. Sin embargo, los clientes no se encargan de administrar y mantener el equipo y el servicio de la red Frame Relay.

En general, el proveedor del servicio de telecomunicaciones también es propietario de un equipo DCE. El equipo DCE puede ser propiedad del cliente, o bien del proveedor del servicio de telecomunicaciones como un servicio para el usuario.

Generalmente la mayoría de las redes Frame Relay son redes públicas que suministran servicios de larga distancia.

Redes privadas empresariales

Las organizaciones a nivel mundial están utilizando cada vez mas redes privadas Frame Relay. En las redes privadas Frame Relay, la administración y el mantenimiento de la red son responsabilidad de una empresa. El cliente es el dueño de todo el equipo, incluyendo el de conmutación.

Formatos de trama Frame Relay

Los indicadores señalan el principio y final de la trama. La trama estándar Frame Relay está formada por tres componentes principales: el área de encabezado y de las direcciones, la porción de los datos de usuario y la FCS (Secuencia de verificación de Trama). El área de direcciones, que tiene una longitud de 2 bytes, se compone de 10 bits que representan al identificador de la saturación. Comúnmente, a este identificador se le conoce como DLCI.

Estas tramas constan de los campos que se muestran en la *Figura II-17*:

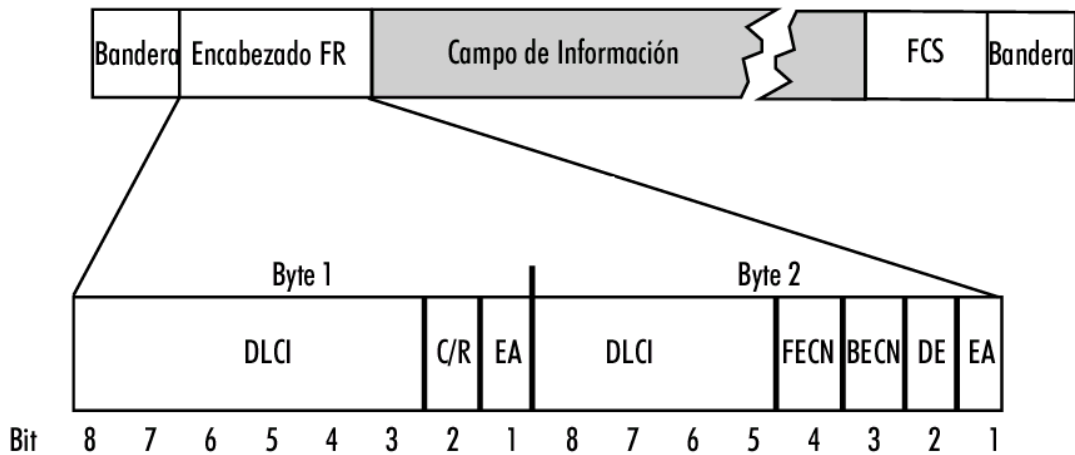


Figura II - 17. Formato de la trama de Frame Relay .

Indicadores – Delimitan el comienzo y la terminación de la trama. El valor de este campo es siempre el mismo y se representa como el número decimal 7E.

Direcciones – Contiene la siguiente información:

DLCI: El DLCI de 10 bits es la esencia del encabezado Frame Relay. Este valor representa la conexión virtual entre el dispositivo DTE y el switch. Cada conexión virtual que se multiplexe en el canal físico será representada por un DLCI único. Los valores de DLCI tienen un significado local solamente, lo que indica que son únicos para el canal físico en que residen; por lo tanto, los dispositivos que se encuentran en los extremos opuestos de una conexión pueden utilizar diferentes valores DLCI para hacer referencia a la misma conexión virtual.

EA (Dirección extendida): La EA se utiliza para indicar si el byte cuyo valor EA es 1, es el último campo de direccionamiento.

C/R: El C/R es el bit que sigue después del byte DLCI más significativo en el campo de Direcciones.

Control de la Saturación: Este campo consta de 3 bits que controlan los mecanismos de notificación de la saturación en Frame Relay. Estos son los bits FECN, BECN y DE, que son los últimos 3 bits en el campo Direcciones.

FECN (Notificación de la Saturación Explícita Hacia Adelante) es un campo de un solo bit que puede fijarse en un valor de 1 por medio de un interruptor para indicar a un dispositivo terminal, como un ruteador, que ha habido saturación en la dirección de transmisión de la trama del origen al destino.

BECN (Notificación de Saturación Explícita Hacia Atrás) es un campo de un solo bit que, al ser establecido en 1 el valor por un switch, indica que ha habido saturación en la red en la dirección opuesta a la de la transmisión de la trama desde el origen al destino. *Figura II-18.*

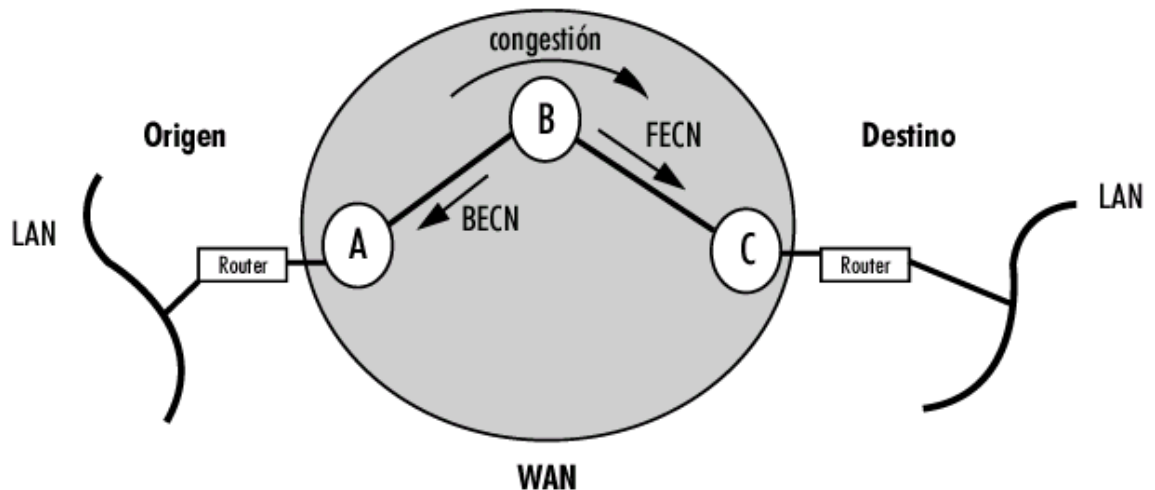


Figura II - 18. Uso de los bits FECN y BECN en una congestión.

El bit DE (Elegibilidad para Descarte) es fijado por el dispositivo DTE, para indicar que la trama es de menor importancia en relación con otras tramas que se estén transmitiendo.

Datos – Los datos contienen información encapsulada de las capas superiores. Cada trama en este campo de longitud variable incluye un campo de datos de usuario o carga útil que variará en longitud y podrá tener hasta 16,000 bytes. Este campo sirve para transportar el PDU (Paquete de Protocolos de las Capas Superiores) a través de una red Frame Relay.

Secuencia de Verificación de Tramas – Asegura la integridad de los datos transmitidos. Este valor es calculado por el dispositivo

de origen y verificado por el receptor para asegurar la integridad de la transmisión.

Ventajas y Desventajas.

X.25

X.25 ofrece una red digital virtual de alta calidad a un bajo costo. Es económica por la misma razón que es más barato utilizar el correo que tener una oficina postal propia: se tienen grandes ahorros al compartir una misma infraestructura. En la mayor parte del mundo X.25 se paga mediante una cuota mensual mas cargos por paquetes. No existe cargo por tiempo muerto, lo cual lo hace ideal para las compañías que necesitan estar siempre en línea. Otra ventaja útil es el empalme de velocidades: debido a su naturaleza de guardar y enviar, junto con un excelente control de flujo, los DTE's no necesitan tener la misma velocidad. Se pueden tener conectados, por ejemplo, un host a 512 Kbps comunicándose con numerosos sitios remotos con líneas más baratas de 56 Kbps. X.25 es bastante estable; literalmente no existen errores en la información en redes de X.25.

Una de las desventajas más importantes es el retraso inherente causado por el mecanismo de guardar y enviar. En la mayoría de las redes el retraso es de aproximadamente 0.6 segundos. Esto no tiene efecto en transferencias de grandes bloques, pero en transmisiones de tipo flip-flop, este retraso puede ser bastante significativo. Otro problema es el alto requerimiento de buffer necesario para soportar la transferencia de información de guardar y enviar.

ATM

Si analizamos los protocolos existentes para la transferencia de datos podemos distinguir los no orientados a conexión (tal como IP, utilizado en Internet) y los orientados a la conexión como son X.25 y ATM, siendo la ventaja de éste último sobre X.25 la utilización de tramas de longitud fija y reducida (células) frente a las tramas de longitud variable y larga (paquetes), situación que ofrece una garantía en los retardos máximos soportados,

necesaria en la conmutación de información sensible al retardo (voz y video y, en general, información multimedia).

La segunda ventaja básica del protocolo ATM, frente a otros protocolos tradicionales de transferencia de paquetes, es una simplificación funcional. La hipótesis asumida es que los niveles físicos de la red son suficientemente fiables (típicamente, fibra óptica), por lo que ciertas funciones existentes en los protocolos convencionales (recuperación de errores, control de flujo, etc.) se consideran excepcionales y se relegan a los terminales extremos. Las funciones del nivel ATM, al simplificarse, son susceptibles de implementarse por hardware, lo que impone un aumento del throughput o volumen de información por unidad de tiempo, procesada por el elemento de red.

Pero la mayor ventaja que puede obtenerse de una red ATM es la posibilidad de tener lo que se conoce como ganancia estadística. Este efecto consiste en la posibilidad de aumentar el número de fuentes de tráfico de velocidad variable (VBR), por ejemplo en la forma de sesiones de videoconferencia, que pueden multiplexarse estadísticamente sobre un mismo enlace físico ATM, respecto del número de fuentes de velocidad fija (FBR) que se multiplexarán en el mismo enlace. En el segundo caso, el ancho de banda requerido sería la suma de los anchos de banda requeridos por cada una de las fuentes. En el primero, y asumiendo que las fuentes no son correlacionadas, para una probabilidad de pérdida (CLR) asumible, el ancho de banda por fuente se reduce, siempre y cuando el número de fuentes multiplexadas sea alto, o que el cociente ancho de banda del enlace sobre ancho de banda de la fuente, sea grande (típicamente mayor que 100).

Para que esta condición se cumpla, en el mayor número de los casos, se exigen velocidades de enlace altas. En el caso de servicios de videoconferencia (5 Mbps por fuente), el enlace debería ser de 622 Mbps. Esta es la razón por la que actualmente para aumentar la eficiencia de los enlaces ATM, se tiende a utilizar velocidades altas (hasta 2.4 Gbps), y , en general, multiplexan un número alto de fuentes de baja velocidad, en flujos de mayor velocidad.

A diferencia de los mecanismos de control extremo a extremo que utiliza TCP en internetworking, la capacidad de Gbit/seg de la red ATM genera un juego de requerimientos necesarios para el control de flujo. Si el control del flujo se hiciera como una realimentación del lazo extremo a extremo, en el momento en que el mensaje de control de flujo arribara a la fuente, ésta habría transmitido ya algunos Mbytes de datos en el sistema, exacerbando la congestión. Y en el momento en que la fuente reaccionara al mensaje de control, la condición de congestión hubiera podido desaparecer apagando innecesariamente la fuente. La constante de tiempo de la realimentación extremo a extremo en las redes ATM (retardo de realimentación por producto lazo - ancho de banda) debe ser lo suficientemente alta como para cumplir con las necesidades del usuario sin que la dinámica de la red se vuelva impracticable.

Las condiciones de congestión en las redes ATM están previstas para que sean extremadamente dinámicas requiriendo de mecanismos de hardware lo suficientemente rápidos para llevar a la red al estado estacionario, necesitando que la red en sí, éste activamente involucrada en el rápido establecimiento de este estado estacionario. Sin embargo, esta aproximación simplista de control reactivo de lazo cerrado extremo a extremo en condiciones de congestión no se considera suficiente para las redes ATM.

Frame Relay

Dentro de las ventajas competitivas de Frame Relay podemos comenzar mencionando el hecho de que Frame Relay permite la encapsulación de múltiples protocolos, aunado con la posibilidad de combinar, por ejemplo, tráfico de SNA y de LAN en un único enlace de Frame Relay. La integración de diferentes tipos de tráfico, que en nuestro caso son básicamente 2 – voz y datos – genera las siguientes ventajas:

- Simplificación de la red.
- Una inversión única en equipo de la red.
- Migraciones más sencillas y estratégicas.
- Costos de líneas dramáticamente más bajos.

- Incremento de la utilización de la red en hasta un 40% a través del soporte multiprotocolos de Frame Relay.
- Integridad y control de la red.
- Ofrecer un alto desempeño para aplicaciones de redes punto a punto.

En el caso de la integración de voz y datos, Frame Relay permite a los administradores de red reducir costos de comunicación y maximizar la utilización de la red, pues los anchos de banda no presentan una subutilización ni se ven afectados en su eficiencia al soportar el tráfico de voz. Del mismo modo, el crecimiento de los anchos de banda de los enlaces para soportar el tráfico de voz resulta más económico que la utilización de servicios de larga distancia. Debido a que esta integración de tráfico de voz y datos no incrementa significativamente la arquitectura de la red, el ancho de banda de los enlaces o en CIR, la solución de tener un solo enlace provee una opción viable para los administradores de red.

Como podemos observar, no existe una solución única para resolver todos los problemas. Cada protocolo ofrece ventajas y desventajas al usuario y debemos analizar todas ellas y definir cual de las soluciones se adecua mejor a nuestro problema. *Tabla II-4.*

Tecnología	Velocidad	Uso	Ventajas	Desventajas
ATM	T1 y mayor Los servidores pueden conectarse a la red usando adaptadores ATM a una velocidad de 100 Mbps o 150 Mbps	Diseñado para las aplicaciones multimedia sobre redes de alta velocidad.	Puede ser usado para manejar el tráfico en el tiempo real. Ofrece QoS. Reserva de ancho de banda para la conexión. Permite múltiples servicios de voz y datos mezclados en la misma red.	Muy caro y no muy usado. Con mucho tráfico se puede tener congestión y pérdida de celdas.
Frame Relay	64k hasta T3 Puede proporcionar ventajas sobre las redes de conmutación de paquetes si la velocidad del enlace dentro de la red son incrementados.	Diseñado para alta eficiencia y bajo costo. Intercambio de información en tiempo real Aplicaciones cliente-servidor Acceso remoto a bases de datos.	Bajo costo, bajo retraso, bajo overhead. Adaptable para manejo del tráfico en el tiempo real. Es muy usado. Es una solución adaptable a las necesidades cambiantes. Ofrece un servicio normalizado.	Falta estándar para QoS. No garantiza el envío de datos.
X.25	La velocidad de transferencia de información puede variar de 2.4K hasta 64Kbps	Diseñado para transmitir volúmenes relativamente pequeños de información durante conexiones de larga duración.	Muy usado, barato, corrección de errores. Alta resistencia a las fallas.	Alto overhead. Bajas velocidades. Alto retraso, no se puede usar para tráfico en tiempo real.

Tabla II - 4. Ventajas y desventajas de los protocolos WAN.

II.2. Enlaces

Tipos de Enlaces

Enlaces Punto a Punto

Un enlace punto a punto proporciona una sola trayectoria de comunicación WAN establecida desde las instalaciones del cliente, a través de una red de transporte como una compañía telefónica, hasta un red remota. *Figura II-19*. A los enlaces punto a punto también se les conoce como líneas privadas, puesto que su trayectoria establecida es permanente y fija para cada red remota a la que se llegue a través de las facilidades de larga distancia. La compañía de larga distancia reserva varios enlaces punto a punto para uso exclusivo del cliente. Estos enlaces proporcionan dos tipos de transmisiones: transmisiones de datagramas, que están compuestas de tramas direccionadas de manera individual y transmisiones de ráfagas de datos, que están compuestas de una ráfaga de datos para que la verificación de direcciones se presenta sólo una vez.



Figura II - 19. Enlace Punto a punto.

Enlaces Punto a Multipunto

El enlace punto a multipunto o simplemente multipunto es un sistema que está conformado por un equipo de comunicaciones o estación base y de equipos remotos o estaciones remotas o satelitales. *Figura II-20*.

Para reducir costos, este sistema consta de una instalación central dotada de una antena multi-direccional u omni-direccional, a la que apuntan las antenas direccionales del resto de centros o de las estaciones remotas o satelitales. Esto nos da una capacidad para

muchos puntos remotos. El radio enlace multipunto proporciona soluciones de conectividad para empresas con centros de trabajo múltiples que necesiten de una gran coordinación y trabajo compartido. Este enlace proporciona a la empresa un entorno de intercambio de información de muy alta velocidad. Efectivamente, todos los centros conectados por el enlace multipunto formarán parte de una única red local, exactamente como si estuvieran en el mismo edificio.

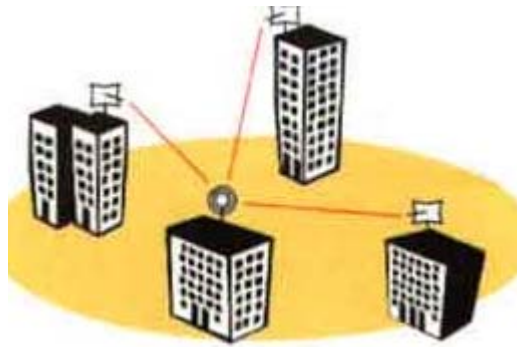


Figura II - 20. Enlace punto multipunto.

Multipunto a Multipunto

Cuando hablamos de transmisiones de muchos a muchos, viene a la mente de inmediato la experiencia del aula tradicional en la que se presenta una discusión, o una lista de correo electrónico. Aquí no se hace un broadcast, sino un número muy limitado de envíos de mensajes a receptores prefijados; cada miembro del grupo puede comunicarse con uno o todos los otros miembros, simultáneamente.

Otro ejemplo importante educativamente de la arquitectura multipunto - multipunto está en la audio y videoconferencia, especialmente cuando se aparta significativamente de la fórmula tradicional del maestro que habla y los alumnos que lo escuchan, para dar tránsito a seminarios y discusiones más equitativas.

Dispositivos.

Módem

Un módem es un dispositivo que interpreta señales analógicas y digitales, permitiendo de esta manera que los datos se transmitan a través de líneas telefónicas sonoras. *Figura II-21.* En el punto origen las señales digitales son convertidas a una forma apropiada para su transmisión a través de equipos de comunicación analógica. En el punto destino, estas señales analógicas son convertidas de nuevo a su forma digital original.

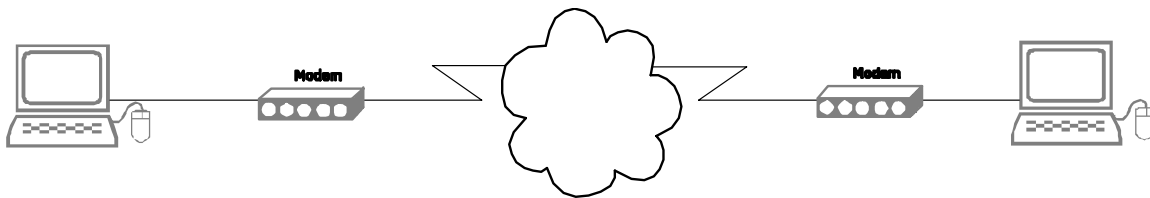


Figura II - 21. Enlace vía módem.

CSU/DSU

Una CSU/DSU (Unidad de Servicio de Canal/Unidad de Servicio de Datos) es un dispositivo de interfaz digital que adapta la interfaz física de un dispositivo DTE (Equipo Terminal de Datos), como una terminal, a la interfaz de dispositivos DCE (Equipo de Comunicación de Datos), como un switch, en una red conmutada de transporte. La CSU/DSU también proporciona la temporización de la señal para la comunicación entre dispositivos. *Figura II-22.*

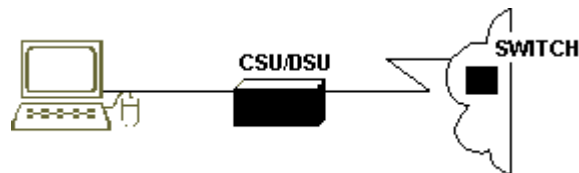


Figura II - 22. Enlace CSU/DSU.

Adaptador de terminal ISDN

Un adaptador de terminal ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) es un dispositivo que se utiliza para conectar la BRI

(Interfaz de Tasa Básica) de ISDN a otras interfaces, como la EIA/TIA-232. Un adaptador terminal es, en esencia un módem ISDN.

II.3. Telefonía

Durante más de un siglo, las redes analógicas han dominado el panorama de las comunicaciones y han resultado adecuadas para la transmisión de voz a través de las redes telefónicas o de imágenes en movimiento mediante la difusión de las señales de TV. Sin embargo, este tipo de redes resultaron inapropiadas para transmitir datos cuando aparecieron las primeras computadoras digitales. Este requerimiento empujó el desarrollo de los módems para realizar la transformación analógico-digital y poder utilizar las redes telefónicas existentes para conectar equipos digitales. Pero la tecnología digital hoy en día ya no sólo se utiliza para transmitir datos sino que también voz y video, gracias a las posibilidades que ofrece y a la mayor calidad obtenida.

A causa de las ventajas que ofrecen las tecnologías digitales frente a sus equivalentes analógicas, las tres últimas décadas han estado marcadas por la progresiva digitalización de las redes de comunicaciones que, sucesivamente han ido sustituyendo tramos enteros de la red analógica.

Los conceptos de telefonía con los que nos involucramos se refieren básicamente a las interfaces entre los dispositivos WAN y los equipos telefónicos con los que cuenta ASUR y al manejo de la voz (compresión) sobre la red WAN.

Interfaces: FXS y FXO

Tanto FXS como FXO (*Figura II-23*) utilizan el método de señalización de Loop Start para tomar y sensor una línea. La Señalización Loop Start usa 2 hilos, "Tip" y "Ring" para realizar la señalización y llevar señales de Frecuencia de Voz (VF). Un dispositivo abre o cierra el bucle entre un suscriptor particular y el dispositivo FXS/FXO. Esto genera un flujo corriente en el bucle, el cual se detecta por medio del equipo de conmutación.

En el modo FXO, el equipo presenta una interfaz Telco/PTT que actúa como un equipo telefónico estándar. La opción FXO provee la apariencia de un teléfono de dos hilos en un circuito loop-start. Un puerto FXO detecta un voltaje de marcado, cierra el bucle mientras este colgado y abre el bucle si se presenta la condición de descolgado. Por lo tanto, se emplea esta interfaz para conectarse a una línea POTS (teléfono o facsímil).

En el modo FXS, el equipo presenta una interfaz Telco/PTT que actúa como una Oficina Central y puede desempeñarse como interfaz con un teléfono convencional de dos hilos (de pulso o tono). Un puerto FXS provee corriente de bucle y voltaje de marcado, y detecta los estados de colgado y descolgado. Por lo tanto, se emplea esta interfaz para conectarse a una oficina central (CO) o a la estación lateral de un PBX.

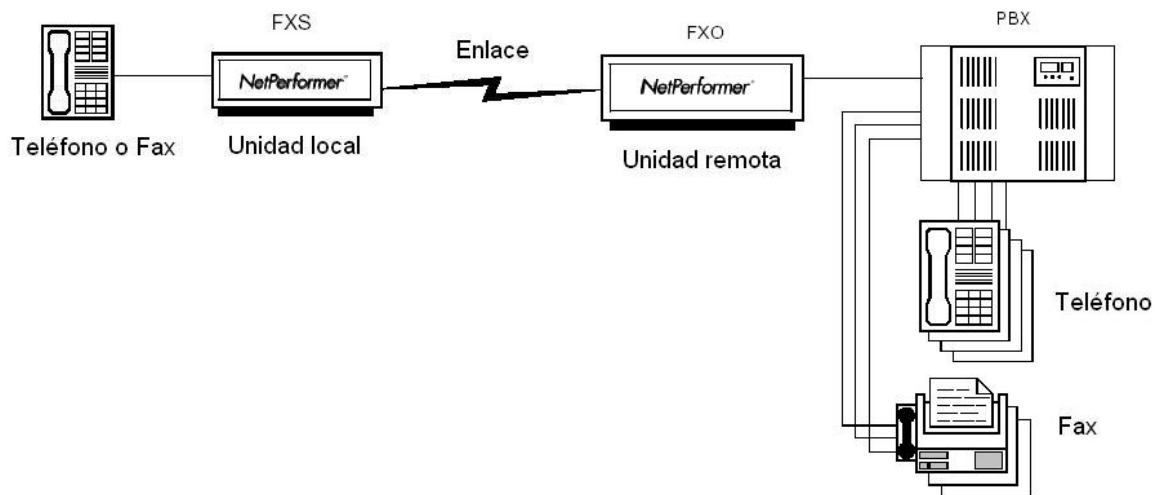


Figura II - 23. Ejemplo de implementación con Interfaces FXS y FXO.

Líneas E1

Una línea E1 está basada en la estructura de transmisión europea. Consta de 32 ranuras de tiempo (timeslots), donde cada trama consta de 256 bits de largo y su tasa de transmisión es de 8000 tramas por segundo, por lo que cada ranura de tiempo soporta 64 Kbps y el E1 completo tiene una tasa de transmisión de 2.048 Mbps. Las ranuras de

tiempo 0 y 16 están reservadas para alineamiento de tramas y señalización, respectivamente. El método de señalización más común es el de Señalización de Canal Asociado (CAS). En éste método, los bits de señalización se colocan a través de la multitrama y utiliza 4 bits (ABCD).

Señalización R2

La señalización R2 es una norma europea definida en las recomendaciones CCITT. Es similar a la señalización de comienzo por bucle o tierra, que son las normas estadounidenses.

Codec ACELP de compresión

El algoritmo de compresión de voz ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction) es un codec de velocidad dual de calidad toll que mantiene una alta calidad del sonido con una compresión de 8 Kbps o 4.8 Kbps. El código ACELP es ideal para aplicaciones multiplexadas y puede manejar códigos DTMF (Dual Tone Multi-Frequency) y provee una solución de bajo costo para mantener la calidad de la voz en redes de mucho tráfico. La versión ACELP CN (Confort Noise) también ofrece interpolación de paquetes dañados/perdidos, ancho de banda reducido durante los silencios, un ritmo en los paquetes que permite usar buffer doble y triple y una mejor calidad de sonido.

La calidad de la voz utilizando ACELP ha sido probada extensamente, y los resultados arrojados indican que es tan bueno e incluso mejor que el estándar de la industria de 32 Kbps ADPCM (CCITT/ITU estándar G.721). ACELP tiene un MOS (Mean Opinión Score) de aproximadamente 4.2 lo cual se encuentra en el rango de calidad toll.

Procedimiento de Compresión / Descompresión

- Si la entrada de voz se encuentra en un formato análogo, el equipo toma esta entrada y la convierte a un flujo digital de 64 Kbps en formato PCM (Pulse Code Modulation)
- El Procesador de Señales Digitales (DSP) corta la información en celdas de 24 ms.

- El DSP analiza el espectro de voz y comprime el flujo digital a 8 o 4.8 Kbps usando el algoritmo ACELP. Esto provee un ratio de compresión de 8:1 o de 13:1
- El equipo combina las celdas de voz comprimidas junto con la información de las demás fuentes (LAN/WAN/fax) de acuerdo a las prioridades asignadas. Por defecto, el tráfico de voz se define como de alta prioridad, esto debido a su alta sensibilidad al retraso.
- El tráfico se transmite a través de la WAN usando Frame Relay.
- En el extremo remoto, el proceso se revierte. El DSP remoto recibe la voz comprimida y la descomprime a un flujo digital PCM de 64 Kbps.
- Si la salida es análoga, el equipo remoto reconvierte el flujo PCM a un formato análogo y lo manda al equipo de voz correspondiente.

II.4. Switcheo

Bridges (Puentes) y Switches (Conmutadores).

A los dispositivos de comunicación de datos que operan, principalmente, en la capa 2 del modelo de referencia OSI, como tales, se les conoce ampliamente como dispositivos de la capa de enlace de datos.

Los bridges estuvieron disponibles en el mercado a principios de los años 80. En ese entonces se usaban para conectar y habilitar la transmisión de paquetes entre redes homogéneas, y más recientemente, también ha quedado definido y estandarizado el puenteo entre redes diferentes.

Los distintos tipos de bridges son importantes como dispositivos de interconectividad de redes. El puenteo transparente se presenta principalmente en entornos Ethernet, en tanto que el puenteo origen ruta se utiliza sobre todo en entornos Token Ring.

El puenteo de traducción da la traducción entre los formatos y los principios de tránsito de diferentes tipos de medios. El puenteo

transparente origen ruta combina los algoritmos del puenteo transparente para permitir la comunicación en entornos combinados Ethernet/Token Ring.

Hoy en día, la tecnología de la conmutación se ha convertido en la heredera evolutiva de las soluciones de interconectividad de redes basadas en el puenteo. El desempeño superior del rendimiento eficiente total, la mayor densidad de puertos, un menor costo por puerto y mayor flexibilidad, han contribuido a que aparezcan los switches como una tecnología de reemplazo de los bridges y como complemento de la tecnología de ruteo.

El puenteo y la conmutación se presentan en el nivel enlace de datos, que controla el flujo de datos, maneja los errores en la transmisión, proporciona el direccionamiento fijo y administra el acceso al medio físico de transmisión. Los bridges proporcionan estas funciones utilizando diferentes protocolos de la capa de enlace de datos que define algoritmos específicos para el control del flujo, el manejo de errores, el direccionamiento y el acceso a medios. Algunos ejemplos de protocolos a nivel de enlace de datos son Ethernet, Token Ring y FDDI.

Los bridges y los switches analizan las tramas entrantes, toman decisiones de envío con base en la información contenida en las tramas y envían las tramas a su destino. En algunos casos, como el del puenteo origen ruta, la trayectoria completa hacia el destino está contenida en cada trama. En otros casos como en el puenteo transparente, las tramas son enviadas hacia su destino de un salto a la vez.

La transparencia de protocolos en las capas superiores es una gran ventaja tanto del puenteo como de la conmutación. Como ambos tipos de dispositivos trabajan a nivel de capa de enlace, no es necesario que examinen la información de las capas superiores. Lo anterior significa que, tanto la función de puenteo como la de conmutación, pueden direccionar rápidamente el tráfico que represente cualquier protocolo de la capa de red.

Los bridges son capaces de filtrar tramas con base en cualquiera de los campos de la capa 2. Por ejemplo, un bridge se puede programar

para rechazar todas las tramas que se originaron en una red en particular. El hecho de que, con frecuencia, la información de la capa de enlace de datos incluya una referencia a un protocolo de las capas superiores, permite que los bridges, en general, puedan filtrar esta referencia.

Los bridges y los switches proporcionan algunas ventajas debido a la fragmentación de redes de gran tamaño en unidades independientes. Como solo un porcentaje del tráfico es enviado, un bridge o un switch reduce el tráfico que circula a través de los dispositivos que están conectados a todos los segmentos. Tanto el bridge como el switch actuarán como una barrera de protección contra algunos errores que potencialmente pudieran dañar a la red y ambos proporcionarán comunicación entre un número mayor de dispositivos de los que se podrían soportar en cualquier LAN conectada al bridge. Los bridges y los Switches extienden la longitud efectiva de una LAN, al permitir la conexión de estaciones distantes que anteriormente no era posible.

A pesar de que los bridges y los switches comparten la mayor parte de sus atributos, hay algunas diferencias entre ambas tecnologías. Los switches son mucho más rápidos debido a que conmutan en el hardware, en tanto que los bridges lo hacen en el software y también pueden interconectar LAN's con diferentes anchos de banda.

Tipos de Bridges

Los bridges pueden agruparse en categorías con base en diferentes características del producto. De acuerdo con un esquema de clasificación muy conocido, los bridges pueden ser locales o remotos. Los bridges locales proveen una conexión directa entre múltiples segmentos de LAN en la misma área. *Figura II-24.*

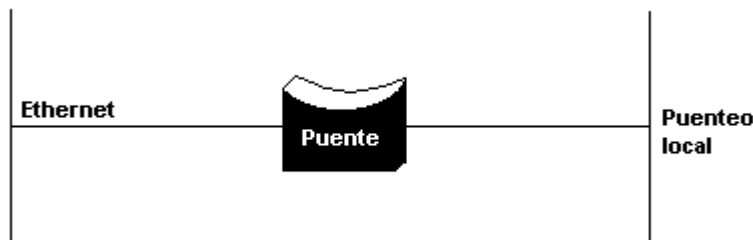


Figura II - 24. Bridge local.

Los bridges remotos conectan múltiples segmentos de LAN en áreas diferentes, en general, a través de líneas de telecomunicaciones. *Figura II-25.*

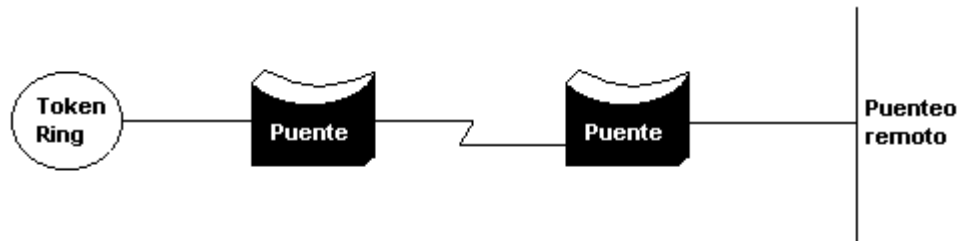


Figura II - 25. Bridge remoto.

El IEEE divide la capa de enlace de OSI en dos subcapas separadas: MAC (Subcapa de Control de Acceso a Medios) y LLC (subcapa de Control del Enlace Lógico). La subcapa MAC ofrece y coordina el acceso a medios, como la contención y estafeta circulante, en tanto que la subcapa LLC se encarga del entramado, el control de flujo, el control de errores y el direccionamiento de la subcapa MAC.

Algunos bridges son bridges de la capa MAC, que puentean redes homogéneas, en tanto que otros pueden traducir entre los diferentes protocolos de la capa de enlace de datos.

La función de traducción que realiza un bridge para conectar redes de diferente tipo nunca es perfecta, debido a que es muy probable que una red soporte determinados campos de la trama y funciones del protocolo que la otra red no soporta.

Tipos de Switches

Los switches son dispositivos de la capa de enlace de datos que, como los bridges, ofrecen la interconexión de múltiples segmentos físicos de LAN en una sola red de gran tamaño. Los Switches envían y distribuyen el tráfico con base en sus direcciones MAC. Sin embargo, a pesar de que la función de conmutación se lleva a cabo en hardware y no en software, es significativamente más rápida. Los switches utilizan tanto la conmutación almacenar y enviar como la conmutación rápida para reenviar el tráfico. Hay mucho tipos de Switches entre los que se encuentran los Switches ATM, los Switches LAN y varios tipos de switches WAN.

Switches ATM

Los switches ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) ofrecen una conmutación a alta velocidad y anchos de banda que pueden incrementarse en el grupo de trabajo, la troncal de la red corporativa y en un área de gran cobertura. Los switches ATM soportan aplicaciones de voz, video y datos y están diseñados para conmutar unidades de información de tamaño fijo que se llaman celdas, las cuales se utilizan en las comunicaciones de ATM.

Switches LAN

Este se utiliza para interconectar segmentos múltiples de LAN. La conmutación en LAN representa una comunicación dedicada, libre de colisiones entre los dispositivos de la red, que puede soportar múltiples conversaciones simultáneas. Los Switches LAN están diseñados para conmutar tramas de datos a altas velocidades.

Multiplexores

Los multiplexores son circuitos combinatoriales con varias entradas y una salida de datos y están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una y solo una de las entradas de datos para permitir su transmisión a la única salida. *Figura II-26.*

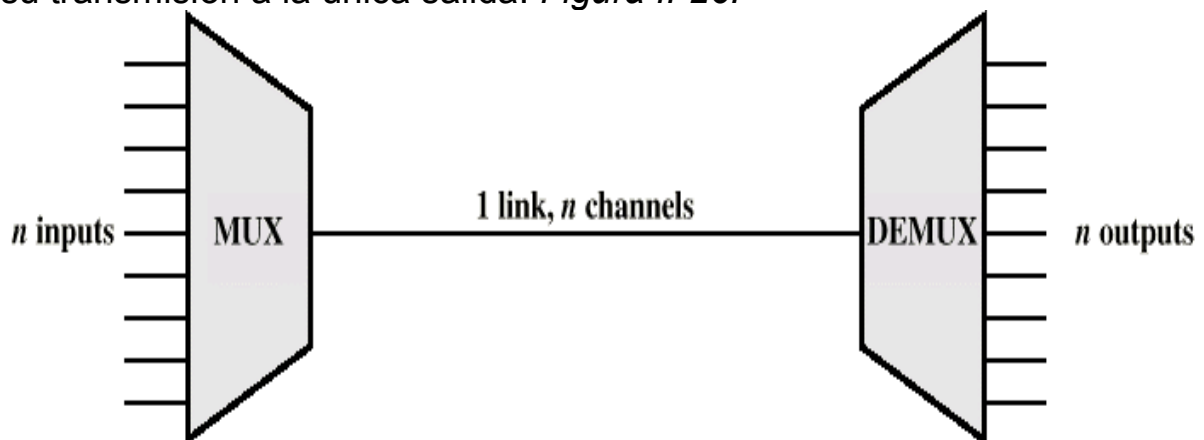


Figura II - 26. Diagrama básico de un multiplexor

El multiplexor es un dispositivo que puede encontrarse en casi todas las instalaciones. Su misión consiste en permitir que varios puertos compartan una misma línea de comunicación. Son dispositivos que logran transmitir varios canales en un solo medio de transmisión reuniendo varias señales a baja velocidad y transmitiéndolas posteriormente a todas a través de un canal de alta velocidad.

Son circuitos realmente importantes en el diseño de sistemas que requieran un cierto tráfico y comunicación entre distintos componentes y donde se necesite controlar en todo momento que componente es el que envía los datos.

Todas las terminales están conectadas a otro multiplexor por medio de uno solo. Los dos multiplexores tiene la capacidad de enviar información por separado. Existen tres tipos de multiplexaje:

Multiplexaje por distribución de frecuencia: divide el ancho de banda de una línea entre varios canales, donde cada canal ocupa una parte del ancho de banda de frecuencia total. *Figura II-27.*

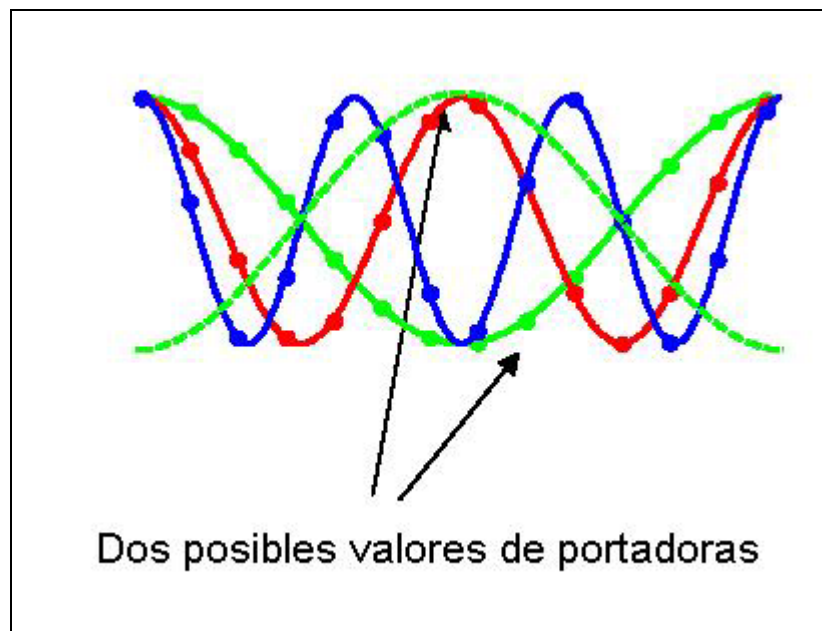


Figura II - 27. Funcionamiento de FDM.

Multiplexaje por distribución de tiempo (TDM): aquí cada canal tiene asignado un periodo o ranura de tiempo en el canal principal y las distintas ranuras de tiempo están repartidas por igual en todos los

canales. Tiene la desventaja de que en caso de que un canal no sea usado, esa ranura de tiempo no se aprovecha por los otros canales, enviándose en vez de datos bits de relleno. *Figura II-28.*

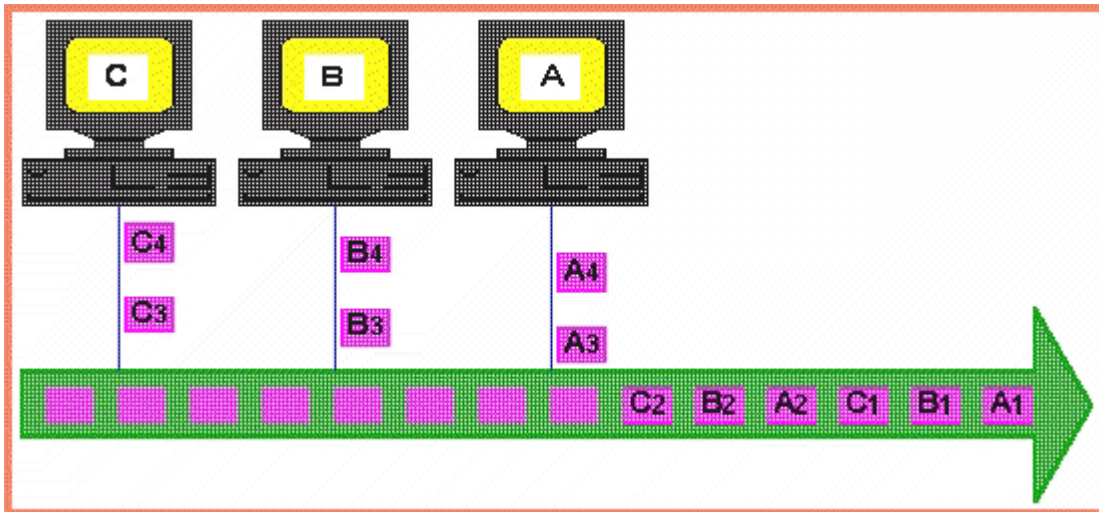


Figura II - 28. Funcionamiento de TDM.

Multiplexaje por distribución de estadística de tiempo: Una versión más eficiente de TDM es STDM. STDM funciona de la misma manera que TDM solo con la ventaja de que utiliza mejor el uso de canales que no están siendo utilizados, reconectando estos time slots a otros dispositivos conectados que puedan utilizar este ancho de banda que esta disponible.

II.5. Ruteo

El ruteo se realiza en la capa de Red del modelo OSI y se basa en la dirección lógica y no en la física o MAC. La información de la capa física se quita antes de que el paquete llegue a la capa de Red. El primer paso en el proceso de ruteo es determinar si éste es necesario, es decir si la dirección de destino es local o remota, lo cual se calcula, para el caso de IP, con la dirección de red de origen y destino y la máscara y submáscara de red.

A las compuertas dentro de un sistema autónomo se les denomina "interiores". Dentro de este esquema se presenta la problemática de que cada ruteador interior aprenda acerca de las redes internas y externas.

En redes como Internet que tienen varias rutas físicas, los administradores por lo general seleccionan una de ellas como ruta primaria. Los ruteadores interiores normalmente se comunican con otros, intercambian información de accesibilidad a red o información de ruteo de red, a partir de la cual la accesibilidad se puede deducir.

A diferencia de esto, en la comunicación de un router exterior no se ha desarrollado un solo protocolo que se utilice con los sistemas autónomos.

Protocolo de Información de Ruteo (RIP - Routing Information Protocol)

Uno de los Protocolos de Compuertas Interiores (IGP - Interior Gateway Protocol) más ampliamente utilizados es el RIP, también conocido con el nombre de un programa que lo implementa (el routeD o Route Daemon).

El protocolo RIP es consecuencia directa de la implantación del ruteo de vector-distancia para redes locales. En principio, divide las máquinas participantes en activas o pasivas (silenciosas). Los ruteadores activos anuncian sus rutas a los otros; las máquinas pasivas listan y actualizan sus rutas con base a estos anuncios. Sólo un ruteador puede correr RIP en modo activo de modo que un anfitrión deberá correr el RIP en modo pasivo.

Un ruteador con RIP en activo difunde un mensaje cada 30 segundos, éste mensaje contiene información tomada de la base de datos de ruteo actualizada. Cada mensaje consiste en pares, donde cada par contiene una dirección IP y un entero que representa la distancia hacia esta red (la dirección IP).

El RIP por tanto hace uso de un vector de distancias, con una métrica por número de saltos donde se considera que 16 saltos o más es infinito. De esta manera, el número de saltos (hops number) o el contador de saltos (hop count) a lo largo de una trayectoria desde una fuente dada hacia un destino dado hace referencia al número de ruteadores que un datagrama encontrará a lo largo de su trayectoria. Por tanto lo que se hace es utilizar el conteo de saltos para calcular la

trayectoria óptima (aunque esto no siempre produce resultados buenos).

Para prevenir que dos ruteadores oscilen entre dos o más trayectorias de costos iguales, RIP especifica que se deben conservar las rutas existentes hasta que aparezca una ruta nueva con un costo estrictamente menor.

Si falla el primer ruteador que anuncia la ruta RIP especifica que todas las escuchas deben asociar un tiempo límite a las rutas que aprenden por medio de RIP. Cuando un ruteador instala una ruta en su tabla, inicia un temporizador para tal ruta. Este tiempo debe iniciarse cada vez que el ruteador recibe otro mensaje RIP anunciando la ruta. La ruta queda invalidada si transcurren 180 segundos sin que el ruteador haya recibido un anuncio nuevamente.

RIP debe manejar tres tipos de errores ocasionados por los algoritmos subyacentes. En primer lugar, dado que el algoritmo no especifica detección de ciclos de ruteo, RIP debe asumir que los participantes son confiables o deberá tomar precauciones para prevenir los ciclos. En segundo lugar, para prevenir inestabilidades, RIP debe utilizar un valor bajo para la distancia máxima posible (RIP utiliza 16 saltos como medida máxima). Esto implica que para una red como Internet, los administradores deben dividirla en secciones o utilizar un protocolo alternativo. En tercer y último lugar, el algoritmo vector-distancia empleado por RIP crea un problema de convergencia lenta o conteo al infinito, problema en el cual aparecerán inconsistencias, debido a que los mensajes de actualización de ruteo se difunden lentamente a través de la red. Seleccionando un infinito pequeño (16) se ayuda a limitar la convergencia lenta, pero no se elimina.

La inconsistencia en la tabla de ruteo no es exclusiva de RIP, éste es un problema fundamental que se presenta en todo protocolo con algoritmos vector-distancia, en el que los mensajes de actualización transportan únicamente pares de redes de destino y distancias hacia estas redes.

Es posible resolver el problema de la convergencia lenta mediante una técnica conocida como actualización de horizonte separado (split horizon update). Cuando se utilizan horizontes separados, un ruteador

registra la interfaz por la que ha recibido una ruta particular y no difunde la información acerca de la ruta de regreso sobre la misma interfaz. Con esto evitamos que la información "negativa" sea difundida con rapidez.

Una de las técnicas finales para resolver el problema de la convergencia lenta se conoce como Poison Reverse. Una vez que una conexión desaparece, el ruteador anuncia la conexión conservando la entrada de información por varios periodos de actualización e incluye un costo infinito en la difusión. Para hacer el Poison Reverse más efectivo, se debe combinar con las Triggered Updates (actualizaciones activadas) que obligan al ruteador a que envíe una difusión inmediatamente al recibir "malas noticias", en lugar de esperar el próximo periodo de difusión. Al enviar una actualización inmediatamente, un ruteador minimiza el tiempo en que es vulnerable por recibir "buenas noticias".

Protocolo Abre la Ruta Más Corta Primero (Open Shortest Path First - OSPF).

El algoritmo de propagación de rutas de OSPF propone los siguientes objetivos:

- Tecnología de estado de enlaces
- Soporta tipos de servicio (los administradores pueden instalar múltiples rutas hacia un destino dado, uno por cada tipo de servicio).
- Proporciona un balance de cargas entre rutas de igual peso (Si un administrador especifica múltiples rutas hacia un destino con el mismo costo, el OSPF distribuye el tráfico entre todas las rutas de la misma manera. Nótese que el RIP calcula una sola ruta para cada destino).
- Partición en áreas.
- Propagación de modificaciones entre los enlaces.
- Localización automática de routers vecinos.
- Propagación de rutas aprendidas de fuentes externas.
- Routers designados en redes multiacceso.

Protocolos de resolución de direcciones.

El objetivo es diseñar un software de bajo nivel que oculte las direcciones físicas (MAC) y permita que programas de un nivel más alto trabajen sólo con direcciones IP. La transformación de direcciones se tiene que realizar en cada fase a lo largo del camino, desde la fuente original hasta el destino final. En particular, surgen dos casos. Primero, en la última fase de entrega de un paquete, éste se debe enviar a través de una red física hacia su destino final. La computadora que envía el paquete tiene que transformar la dirección IP de destino final en su dirección física (MAC). Segundo, en cualquier punto del camino, de la fuente al destino, que no sea la fase final, el paquete se debe enviar hacia un router intermedio. Por lo tanto, el transmisor tiene que transformar la dirección IP del router en una dirección física.

El problema de transformar direcciones de alto nivel en direcciones físicas se conoce como problema de asociación de direcciones (Address Resolution Problem). Este problema se resuelve normalmente mediante tablas en cada máquina que contienen pares de direcciones, de alto nivel y físicas.

En el problema de asociación de direcciones en TCP/IP para redes con capacidad de difusión como Ethernet, se utiliza un protocolo de bajo nivel para asignar direcciones en forma dinámica y evitar así la utilización de una tabla de conversiones. Este protocolo es conocido como Protocolo de Resolución de Direcciones (ARP - Address Resolution Protocol). La idea detrás de la asociación dinámica con ARP es muy sencilla: cuando un host A quiere definir la dirección IP (IPb), transmite por difusión (broadcast) un paquete especial que pide al anfitrión (host) que posee la dirección IP (IPb), que responda con su dirección física (IPb). Todos los anfitriones reciben la solicitud, incluyendo a B, pero sólo B reconoce su propia dirección IP y envía una respuesta que contiene su dirección física. Cuando A recibe la respuesta, utiliza la dirección física para enviar el paquete IP directamente a B. En resumen, el ARP permite que un anfitrión encuentre la dirección física de otro anfitrión dentro de la misma red física con sólo proporcionar la dirección IP de su objetivo. La información se guarda luego en una tabla ARP de orígenes y destinos.

Servidor de Correo y DNS

Servidor de Correo.

Un servidor de correo es básicamente el dispositivo que se emplea para poder tener acceso a una cuenta de correo electrónico. Utiliza básicamente 2 protocolos, uno de entrada y uno de salida. A continuación mencionamos los más populares.

POP3 (Post Office Protocol 3) es la versión más reciente de un protocolo estándar para recibir correo electrónico. Se puede pensar que POP es una especie de servicio de “almacena y dirige”. POP3 es un protocolo cliente/servidor en el cual el correo electrónico se recibe y es manejado por el servidor de Internet del usuario. Periódicamente, el usuario (o su cliente receptor de correo electrónico) verifica su correo en el servidor y descarga cualquier mensaje. POP3 está incluido en la suite Netmanage de los productos de Internet y en uno de los productos de correo electrónicos más populares, Eudora. También se encuentra incluido en los navegadores Netscape y el Internet Explorer de Microsoft. A nivel de puertos, POP3 utiliza el 110.

Un protocolo alternativo es el Protocolo de Acceso a Mensajes de Internet (IMAP). IMAP se puede visualizar como un servidor de archivos remoto. IMAP es un protocolo estándar para acceder al correo electrónico del servidor local del usuario. El correo electrónico puede ser almacenado y buscado en el servidor. IMAP (su última versión es IMAP4) es un protocolo cliente/servidor en el cual el correo electrónico es recibido y mantenido para el usuario en su servidor de Internet. Con IMAP, el usuario puede ver su correo electrónico directo del servidor de correo como si estuviera en su computadora cliente. Un correo electrónico borrado localmente aún reside en el servidor. El usuario (o el cliente de correo electrónico) puede visualizar el asunto y el remitente del correo y decidir si desea descargar el mismo. El usuario puede crear y manipular carpetas en el servidor, borrar mensajes o buscar algún dato específico. IMAP requiere que el usuario esté en continuo acceso al servidor durante el tiempo que se trabaje con el correo.

Ambos protocolos se involucran con la recepción de correo electrónico, mientras que para poder transferir correo electrónico a través de Internet se cuenta con el Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP). SMTP es un protocolo parte de TCP/IP que se utiliza para enviar y recibir correo electrónico. Sin embargo, dado que está limitado para enfilear los mensajes en el extremo receptor, se utiliza generalmente con alguno de los dos protocolos antes mencionados. Así, el usuario emplea SMTP para enviar un correo electrónico y una aplicación de correo lo recibe y el usuario puede leerlo utilizando POP o IMAP. SMTP generalmente se implementa para que opere sobre el puerto 25 de TCP (RFC 821 de la IETF). Una alternativa para SMTP, la cual se utiliza extensamente en Europa, es X.400.

Servidor DNS.

El protocolo TCP/IP utiliza enteros de 32 bits, llamados direcciones de protocolo Internet (dir. IP) para identificar máquinas. Aún cuando cada dirección proporciona una representación compacta y conveniente para identificar la fuente y el destino en paquetes enviados a través de la red, los usuarios prefieren asignar a las máquinas nombres fáciles de recordar.

El DNS tiene dos aspectos conceptualmente independientes. El primero es abstracto. Especifica la sintaxis del nombre y las reglas para delegar la autoridad respecto a los nombres. El segundo es concreto: especifica la implantación de un sistema de computación distribuido que transforma eficientemente los nombres en direcciones.

Resolución de nombres

Conceptualmente, la resolución de nombres de dominio procede de arriba hacia abajo, comenzando con el servidor de nombres raíz y siguiendo luego hacia los servidores localizados en las ramas del árbol de la red.

Hay dos formas de utilizar el sistema DNS: contactar un servidor de nombres cada vez o solicitar al sistema de servidores de nombres que realice la traducción completa. En este caso, el software cliente forma una solicitud de nombres de dominio que contiene el nombre a resolver, una declaración sobre la clase del

nombre, el tipo de respuesta deseada y un código que especifica si el servidor de nombres debe traducir el nombre completamente. Se envía la solicitud a un servidor de nombre para su resolución.

Cuando un servidor de nombres de dominio recibe una solicitud, verifica si el nombre señala un subdominio sobre el cual tenga autoridad. Si es así, traduce el nombre a una dirección de acuerdo con su base de datos y anexa una respuesta a la solicitud, antes de enviarla de regreso al cliente. Si el DNS no puede resolver el nombre completamente, verifica que tipo de interacción especificó el cliente. Si el cliente solicita una traducción completa (una resolución recursiva en la terminología DNS), el servidor se pone en contacto con un servidor de nombres de dominio que pueda resolver el problema del nombre y devuelve la respuesta al cliente. Si el cliente solicita una resolución no recursiva (resolución iterativa), el servidor de nombres no puede dar una respuesta. Se genera una réplica que especifica el nombre del servidor que el cliente deberá contactar la próxima vez para resolver el nombre.

Aquí se presentan 2 problemas: el que un cliente encuentre un DNS para comenzar la búsqueda y que un DNS encuentre a otros DNS's que puedan responder a las solicitudes que el no puede responder. La solución a estos problemas es sencilla: un cliente debe saber como contactar al ultimo DNS para asegurarse de que el DNS puede alcanzar a otros. El sistema de dominio requiere que cada servidor conozca la dirección del último servidor en la raíz. Además, un servidor podría conocer la dirección de un servidor para el dominio de un nivel inmediatamente superior (llamado padre).

Los DNS's utilizan un puerto de protocolo bien conocido para toda comunicación, así, los clientes saben cómo comunicarse con un servidor una vez que conocen la dirección IP de la máquina que se conecta al servidor. No hay forma estándar que los anfitriones localicen una máquina en el entorno local, el cual corre un DNS; esto se encuentra abierto para quien diseñe el software cliente.

En algunos sistemas, la dirección de la máquina que proporciona el servicio de nombres de dominio está dentro de la frontera de los programas de aplicación en el tiempo de compilación, mientras que en otros la dirección se encuentra configurada dentro del Sistema Operativo en el arranque. En otros más, el administrador coloca la dirección de un servidor en un archivo en almacenamiento secundario (/etc/hosts).

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

III. Propuesta General

Como vimos en el capítulo II, ASUR tenía la necesidad de implementar una red WAN de voz/datos entre sus aeropuertos y sus oficinas corporativas para contar con un mejor desempeño de sus sistemas por medio de una transmisión más efectiva de la información, aunado al abatimiento de costos que esto representa.

Después de realizar el análisis de las condiciones actuales de los sistemas de información y telecomunicaciones de ASUR y de evaluar las diferentes soluciones tecnológicas a nivel teórico y comercial, planteamos la siguiente propuesta general (*Figura III-1*) para la implementación de la red WAN de voz y datos:

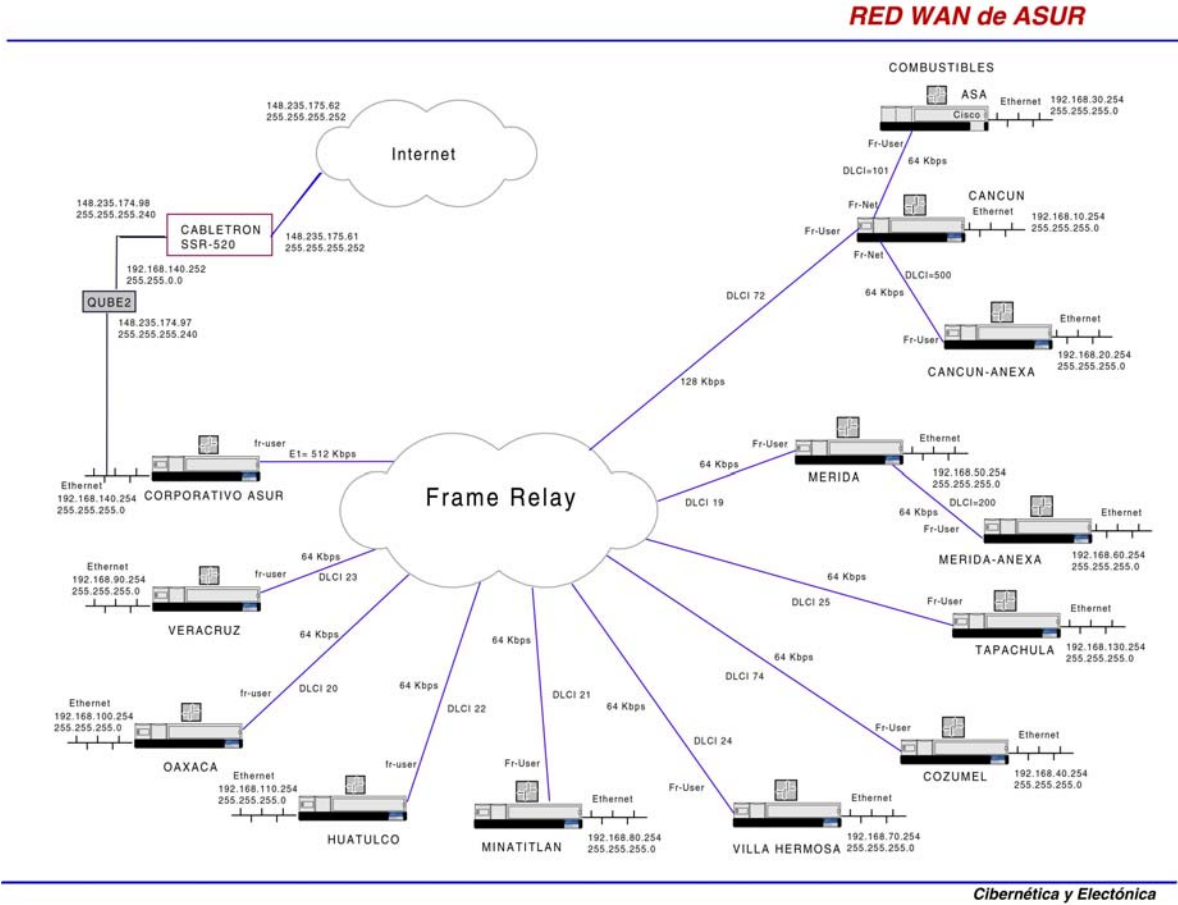


Figura III - 1. Propuesta General.

La propuesta consiste en montar una red WAN de voz/datos entre los aeropuertos de grupo ASUR, el corporativo en México y ASA a través

de una nube de Frame Relay por medio de los equipos de ACT Networks en una topología de estrella, donde el nodo central es el corporativo de grupo ASUR, por donde se tendrá acceso a todos los recursos de las redes LAN de cada uno de los sitios remotos al igual que a los servicios de telefonía, a la salida a Internet y el acceso al correo electrónico corporativo.

La decisión de establecer la red WAN sobre Frame Relay con los equipos ACT Networks obedece a las siguientes razones: como vimos en el capítulo III, Frame Relay ofrece la posibilidad de manejar tanto voz como datos de una manera más eficiente que ATM y X.25; también ofrece anchos de banda de buena capacidad según las necesidades de la red WAN, y se tiene la posibilidad de incrementarlos en el momento en el que las necesidades así lo establezcan; los equipos ACT Networks ofrecen la posibilidad de manejar Frame Relay, con tarjetas modulares para las distintas necesidades de voz/datos de los distintos sitios (Tarjetas Ethernet, E1, voz analógica, etc.) por lo que no es necesario recurrir a otros equipos adicionales y se tiene la capacidad de crecer junto con las necesidades de cada uno de los sitios. La línea de equipos ACT Networks ofrece productos más económicos con características fijas para los sitios más pequeños, es decir, las terminales anexas de Cancún y Mérida, y así no es necesario invertir en un equipo que quedaría subutilizado.

De acuerdo a las características de cada uno de los sitios, podemos realizar la siguiente división:

- México (Corporativo ASUR).
- Cancún y su terminal anexa.
- Mérida y su terminal anexa.
- Huatulco, Minatitlán, Oaxaca, Tapachula, Veracruz y Villahermosa.

A continuación describimos más detalladamente cada uno de ellos.

III.1 México

El sitio de México se encuentra localizado en las oficinas corporativas de ASUR en la Ciudad de México. Lo consideramos como el más importante, pues es el sitio desde donde se controlan todas las

actividades de los sitios remotos y el que cuenta con la infraestructura más grande y como consecuencia, es el centro de la topología de estrella. Como se puede observar en la figura, el ancho de banda asignado a este sitio es el más grande pues es por él que todos los demás sitios tendrán salida al resto de la red WAN e Internet y esto es necesario para que no se convierta en un cuello de botella para los sitios remotos. Como parte del proyecto también creímos necesario fortalecer su configuración de la red LAN para que fuera más eficiente de lo que actualmente es y evitar posibles colapsos de la red LAN del corporativo. El equipamiento que proponemos para este sitio es el que se muestra en las *Tablas III-1, 2 y 3*.



Cantidad	Descripción
1	ACT SDM-9400 Chasis Universal.
1	ACT E1C75 E1 Digital PBX Interface Card 75 ohms BNC G703.
3	ACT DVC-06 Voz/Fax Tarjetas de 6 puertos digitales
1	ACT ETH-MOD-02 Tarjeta de Red
1	ACT E1-G703-75P2-02 Tarjeta CSU/DSU 75 ohms.
1	ACT E1-RM Rack Mount Panel for E1 Cable.
1	Manual Guía Rápida de Configuración con CD Integrado.
1	Módulo de administración ACTVIEW 2000 NMS.
1	Spectrum Element Manager 2.00 32 Bits para W95/NT.
1	Software de Administración HP Openview.

Tabla III - 1. Equipamiento ACT México.

Las funciones de este equipo son las siguientes:

- Conexión de voz entre el PBX de la Ciudad de México y los demás sitios a través de las tarjetas E1C75 y DVC-06. Esto permite realizar llamadas telefónicas desde la Ciudad de México hacia cualquier sitio dentro de la red WAN por medio del enlace de Frame Relay.
- Conexión de datos entre la red LAN de la Ciudad de México y los demás sitios a través de las tarjetas ETH-MOD-02 y E1-G703-75P2-02. De este modo se puede tener acceso a los recursos de toda la red, como Internet, desde cualquier sitio.
- Administrar la red WAN. El monitoreo constante es parte fundamental del buen funcionamiento y adecuado mantenimiento de una red, detectando los problemas que puedan existir, evaluando las consecuencias que generan y corrigiéndolos.

Cantidad	Descripción
1	Chasis Modular SmartSwitch 6000.
2	Fuente de Poder de 510 W.
2	Módulo Fast Ethernet 10/100 de 24 puertos RJ45.
2	Módulo Fast Ethernet 10/100 de 16 puertos RJ45 y un VHSIM.
1	Módulo de Interface Gigabit Ethernet para un GPIM.
1	Puerto Gigabit Ethernet 1000 Base SX.
1	Módulo de Interfaz Gigabit HSIM con dos Slots.
1	Módulo de Interfaz para 1000 BaseTX.
1	Módulo de Interfaz para 1000 BaseSX.
1	Tarjeta de Red PCI Gigabit Ethernet 64 Bits
1	Smart Switch Router SSR-520

Tabla III - 2. Equipamiento Cabletron México.

Las funciones de este equipo son las siguientes:



- Hasta 80 servicios switcheados de Ethernet 10/100 Mbps para la red LAN de la Ciudad de México por medio de los módulos Fast Ethernet.
- Ruteo entre la WAN corporativa e Internet para un mejor desempeño de la WAN, por medio del Smart Switch Router, aunque dentro de la WAN también se realiza ruteo en los equipos ACT Networks.
- Enlaces Gigabit Ethernet para el backbone de la red LAN de la Ciudad de México por medio de los módulos Gigabit Ethernet correspondientes.

Las razones para emplear equipo Cabletron (ahora Enterasys) son las siguientes:

- Manejo de tecnologías estándares.- Los equipos Cabletron están basados en estándares, por lo que resulta transparente para otros equipos (que también estén basados en estándares) el interactuar con ellos y no es necesario estar casado con una sola marca, evitando las limitaciones que ésta pudiera tener para resolver las necesidades que surgieran en un futuro.
- Protección a la inversión.- Los equipos Cabletron están diseñados para poder soportar tecnologías tanto anteriores como futuras. Por ejemplo, podemos utilizar tarjetas de Ethernet en equipos que soportan tarjetas Gigabit Ethernet e incluso estar preparados para nuevas tecnologías, como 10 Gigabit Ethernet, en el momento en que los estándares sean liberados.
- Modularidad.- Existen una gran variedad de módulos con las diferentes tecnologías que hay actualmente (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, WAN, FDDI, etc.) por lo que abarcan un gran número de necesidades sin tener que recurrir a otros equipos.

- Gran desempeño.- Las características de los equipos Cabletron, aseguran que su desempeño será el adecuado para cubrir todas las necesidades que puedan ser requeridas por la red.

Cantidad	Descripción
1	Cobalt Qube2



Tabla III - 3. Equipamiento Cobalt México.

Las funciones de este equipo son las siguientes:

- Servidor de Dominio. Con este servicio, grupo ASUR puede ahora contar con presencia en Internet, permitiéndole informar de una manera más accesible acerca de sus operaciones a los usuarios.
- Servidor de correo. La ventaja de que el servidor de correo se encuentre dentro de un equipo interno es que el acceso de los trabajadores del grupo ASUR a su información es más rápido.
- Servidor de resolución de dominios (DNS). Con este servicio el servicio a Internet responde más ágilmente.

III.2. Cancún

Este sitio es el segundo en importancia, pues debido al volumen de tráfico que maneja cuenta con una terminal anexa la cual también debe estar comunicada con la red WAN. Se puede observar en el diagrama que el área de combustibles es independiente y que también necesita comunicación con la red. Igual que en México, sugerimos robustecer la configuración de su red LAN. El equipamiento que proponemos para este sitio es que se muestra en las *Tablas III-4 y 5*.

CANCÚN	
Cantidad	Descripción
1	ACT SDM-9400 Chasis Universal.
1	ACT ETH-MOD-02 Tarjeta de Red
8	ACT VFC-03 de 4.8 – 16 Kbps. tarjeta de voz FXO, FXS, E&M
3	Cable DTE-MALE WINCHESTER V.25
1	Manual Guía Rápida de Configuración con CD Integrado.
CANCÚN ANEXA y COMBUSTIBLES	
Cantidad	Descripción
2	ACT SDM-9350 Chasis Universal.
2	Cable DTE-MALE WINCHESTER V.25
2	Manual Guía Rápida de Configuración con CD Integrado.



Tabla III - 4. Equipamiento ACT Cancún.

Las funciones de este equipo son las siguientes:

- Conexión de voz entre el PBX de Cancún y los demás sitios por medio de las tarjetas VFC-03. Esto permite realizar llamadas telefónicas desde Cancún hacia cualquier sitio dentro de la red WAN por medio del enlace de Frame Relay.
- Conexión de datos entre la red LAN de Cancún y los demás sitios por medio de la tarjeta ETH-MOD-02. De este modo se puede tener acceso a los recursos de toda la red, como Internet, desde cualquier equipo de la LAN de Cancún.

CANCÚN	
Cantidad	Descripción
1	Chasis Modular SmartSwitch 6000.
2	Fuente de Poder de 510 W.
2	Módulo Fast Ethernet 10/100 de 24 puertos RJ45.
2	Módulo Fast Ethernet 10/100 de 16 puertos RJ45 y un VHSIM.
1	Módulo de Interface Gigabit Ethernet para un GPIM.
1	Puerto Gigabit Ethernet 1000 Base SX.
1	Módulo de Interfaz Gigabit HSIM con dos Slots.
1	Módulo de Interfaz para 1000 BaseTX.
1	Módulo de Interfaz para 1000 BaseSX.
1	Tarjeta de Red PCI Gigabit Ethernet 64 Bits
1	Smart Switch Router SSR-520

Tabla III - 5. Equipamiento Cabletron Cancún.

Las funciones de este equipo son las siguientes:



- Hasta 80 servicios switcheados de Ethernet 10/100 Mbps para la red LAN de Cancún por medio de los módulos Fast Ethernet.
- Ruteo dentro de la WAN para un mejor desempeño por medio del Smart Switch Router.
- Enlaces Gigabit Ethernet para el backbone de la red LAN de Cancún por medio de los módulos Gigabit Ethernet correspondientes.

III. 3. Mérida

Este sitio es prácticamente igual que el resto de los sitios que se agruparon en la siguiente clasificación, con la única diferencia de que cuenta con una terminal anexa. El equipamiento que proponemos para este sitio es el que se muestra en la *Tabla III-6*.



MÉRIDA	
Cantidad	Descripción
1	ACT SDM-9400 Chasis Universal.
1	ACT ETH-MOD-02 Tarjeta de Red
5	ACT VFC-03 de 4.8 – 16 Kbps. tarjeta de voz FXO, FXS, E&M
2	Cable DTE-MALE WINCHESTER V.25
1	Manual Guía Rápida de Configuración con CD Integrado.
MÉRIDA ANEXA	
Cantidad	Descripción
1	ACT SDM-9350 Chasis Universal.
1	Cable DTE-MALE WINCHESTER V.25
1	Manual Guía Rápida de Configuración con CD Integrado.

Tabla III - 6. Equipamiento ACT Mérida.

Las funciones de este equipo son las siguientes:

- Conexión de voz entre los servicios de telefonía de cada sitio y los demás sitios por medio de las tarjetas ACT VFC-03. Esto permite realizar llamadas telefónicas desde Mérida o la terminal anexa hacia cualquier sitio dentro de la red WAN por medio del enlace de Frame Relay.

- Conexión de datos entre la red LAN de Mérida y la terminal anexa y los demás sitios por medio de la tarjeta ETH-MOD-02. De este modo se puede tener acceso a los recursos de toda la red, como Internet, desde cualquier equipo.

III. 4. Huatulco, Minatitlán, Oaxaca, Tapachula, Veracruz y Villahermosa.

Dado que todos estos sitios tienen un tamaño relativamente pequeño, sus necesidades son prácticamente las mismas en cada uno de ellos. El equipamiento que propusimos para cada uno de estos sitios es el que se muestra en la *Tabla III – 7*.



Cantidad	Descripción
1	ACT SDM-9400 Chasis Universal.
1	ACT ETH-MOD-02 Tarjeta de Red
5	ACT VFC-03 de 4.8 – 16 Kbps. tarjeta de voz FXO, FXS, E&M
2	Cable DTE-MALE WINCHESTER V.25
1	Manual Guía Rápida de Configuración con CD Integrado.

Tabla III - 7. Equipamiento resto de los aeropuertos.

Las funciones de este equipo son las siguientes:

- Conexión de voz entre los servicios de telefonía de cada sitio y los demás sitios por medio de las tarjetas VFC-03. Esto permite realizar llamadas telefónicas desde cada uno de los sitios hacia cualquier sitio dentro de la red WAN por medio del enlace de Frame Relay.

- Conexión de datos entre la red LAN de cada sitio y los demás sitios por medio de la tarjeta ETH-MOD-02. De este modo se puede tener acceso a los recursos de toda la red, como Internet, desde cualquier equipo.

Por medio de estas configuraciones, se cubren las necesidades y objetivos antes mencionados:

- Realizar la transmisión voz/datos a través de la nube de Frame Relay.
- Economizar en llamadas de larga distancia.
- Tener un servicio de correo corporativo propio sin que este represente un costo fijo para grupo ASUR.
- Tener un sitio, y por ende presencia, en Internet.

III.5. Cronograma De Actividades

Propusimos que la instalación y configuración de los equipos se realizara en 2 partes. En la primera, se entregarían los equipos y se les configuraría completamente, aunque no se establecería el enlace entre los diferentes sitios. Esto debido a que resultaba muy apresurado realizar todo en un solo día, sobre todo por la coordinación que se tenía que tener con la Ciudad de México, punto central de la red. Por lo mismo, sugerimos también que se organizaran 3 grupos en la primera fase y 4 en la segunda, para agilizar la terminación de la puesta a punto de la red WAN de voz y datos. Así pues, mostramos a continuación los cronogramas de las 2 partes sugeridas:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO ASUR 1ª PARTE

Equipo	DESCRIPCIÓN	DICIEMBRE													
		J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Recepción de equipos, Adecuación del site, Configuración de equipos (queda pendiente el DLCI para la conexión), Pruebas de telefonía local.														
	Sitio Huatulco														
	Sitio Oaxaca														
	Sitio Tapachula														
	Sitio Cozumel														
2	Recepción de equipos, Adecuación del site, Configuración de equipos (queda pendiente el DLCI para la conexión), Configuración PBX Cancún, Pruebas de telefonía local.														
	Sitio Minatitlán														
	Sitio Veracruz														
	Sitio Villahermosa														
	Sitio Mérida														
	Sitio Cancún														
3	Recepción de equipos, Adecuación del site, Configuración de equipos (queda pendiente el DLCI para la conexión), Configuración PBX, Pruebas de telefonía local, Coordinación con los demás sitios.														
	Sitio Cd. De México														

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO ASUR 2ª PARTE

Equipo	DESCRIPCIÓN	DICIEMBRE													
		J 16	V 17	S 18	D 19	L 20	M 21	M 22	J 23	V 24	S 25	D 26	L 27	M 28	
1	Configuración DLCI, Pruebas de conectividad voz/datos entre aeropuertos y corporativo.														
	Sitio Oaxaca														
	Sitio Huatulco														
	Sitio Tapachula														
2	Configuración DLCI, Pruebas de conectividad voz/datos entre aeropuertos y corporativo.														
	Sitio Villahermosa														
	Sitio Veracruz														
	Sitio Minatitlán														
	Sitio Mérida														
3	Configuración DLCI, Pruebas de conectividad voz/datos entre aeropuertos y corporativo.														
	Sitio Cancún														
	Sitio Cozumel														
4	Configuración DLCI, Pruebas de conectividad voz/datos entre aeropuertos y corporativo, Coordinación con los demás sitios.														
	Sitio Cd. De México														

III.6. Costo del Proyecto.

A continuación presentamos un desglose del costo total del proyecto. Se muestran los costos de cada uno de los equipamientos en los distintos sitios de ASUR, así como los de la red LAN en la Ciudad de México y Cancún y de los servicios asociados al proyecto, como son la instalación, puesta a punto y soporte en sitio durante un año a partir de la instalación.

1.- RED LAN CIUDAD DE MÉXICO

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	6C105	CHASIS MODULAR SMARTSWITCH 6000 CON 5 SLOTS, INCLUYE VENTILADORES Y DOS SLOTS PARA FUENTE DE PODER	\$ 2,803.32	\$ 2,803.32
2	PZA	6C205-03	FUENTE DE PODER DE 510 WATTS PARA CHASIS 6C105	\$ 1,155.96	\$ 2,311.92
2	PZA	6H202-24	MÓDULO FAST ETHERNET 10/100 PARA CHASIS 6C105 CON 24 PUERTOS RJ-45	\$ 6,547.32	\$ 13,094.64
2	PZA	6H252-17	MÓDULO FAST ETHERNET 10/100 PARA CHASIS 6C105 CON 16 PUERTOS RJ-45Y UN SLOT VHSIM	\$ 6,079.32	\$ 12,158.64
2	PZA	VHSIM-G6	MÓDULO DE INTERFAZ GIGABIT ETHERNET PARA UN GPIM	\$ 1,867.32	\$ 3,734.64
2	PZA	GPIM-01	PUERTO GIGABIT ETHERNET 802.3z 1000 BASE-SX	\$ 650.52	\$ 1,301.04
2	PZA	PEI-1002-N	TARJETA DE RED PCI GIGABIT ETHERNET 64 BITS	\$ 1,346.80	\$ 2,693.60
TOTAL DE LA RED LAN CD. DE MÉXICO				DLLS	\$ 38,097.80

2.- RED WAN CIUDAD DE MÉXICO

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
1	PZA	160-0418-002	ACT E1C75 E1 DIGITAL PBX INTERFACE CARD, 75 OHM (BNC)	\$ 1,995.00	\$ 1,995.00
3	PZA	160-0395-001	ACT DVC-06 VOICE/FAX MODULE (6-PORT DIGITAL VOICE CARD)	\$ 3,000.00	\$ 9,000.00
1	PZA	160-0460-002	ACT E1-G703-75P2-02 SDM-9400 MODULAR DUAL PORT E1 CSU/DSU (75 OHMS) INTEGRAL F29 DUAL PORT E1/FE1 CSU/DSU (G.703 G.704)	\$ 1,195.00	\$ 1,195.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	160-0507-001	ACT E1-RM RACK MOUNT PANEL FOR E1 CABLE	\$ 75.00	\$ 75.00
1	PZA	161-0644-001	ACTVIEW 2000 NMS SYSTEM FOR HP OPENVIEW FOR WINDOWS 32 BIT	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00
1	PZA	161-0436-001	HP OPENVIEW FOR WINDOWS 32 BIT SINGLE NETWORK, UNLIMITED NODES	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00
1	PAQ	SPEL-MGR-2	SPECTRUM ELEMENT MANAGER 2.00 32 BITS PARA WINDOWS 95 Y NT 4.0	\$ 4,675.32	\$ 4,675.32
TOTAL DE LA RED WAN CD. DE MÉXICO				DLLS	\$ 24,460.32

3.- SERVIDOR DE WEB EN LA CIUDAD DE MÉXICO

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	Q28 602 NAU	COBALT QUBE 2 CON 64 MB DRAM Y UN DISCO DURO DE 10.2 GB	\$ 1,951.00	\$ 1,951.00
TOTAL DEL SERVIDOR WEB EN LA CIUDAD DE MÉXICO				DLLS	\$ 1,951.00

4.- RED LAN OFICINAS CANCÚN

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	6C105	CHASIS MODULAR SMARTSWITCH 6000 CON 5 SLOTS, INCLUYE VENTILADORES Y DOS SLOTS PARA FUENTE DE PODER	\$ 2,803.32	\$ 2,803.32
2	PZA	6C205-03	FUENTE DE PODER DE 510 WATTS PARA CHASIS 6C105	\$ 1,155.96	\$ 2,311.92
2	PZA	6H202-24	MÓDULO FAST ETHERNET 10/100 PARA CHASIS 6C105 CON 24 PUERTOS RJ-45	\$ 6,547.32	\$ 13,094.64
2	PZA	6H252-17	MÓDULO FAST ETHERNET 10/100 PARA CHASIS 6C105 CON 16 PUERTOS RJ-45Y UN SLOT VHSIM	\$ 6,079.32	\$ 12,158.64
1	PZA	VHSIM-G6	MÓDULO DE INTERFAZ GIGABIT ETHERNET PARA UN GPIM	\$ 1,867.32	\$ 1,867.32

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	HSIM-FE6	FAST ETHERNET HIGH SPEED INTERFACE MODULE (HSIM) WITH TWO FEIM SLOTS	\$ 1,212.12	\$ 1,212.12
1	PZA	GPIM-01	PUERTO GIGABIT ETHERNET 802.3z 1000 BASE-SX	\$ 650.52	\$ 650.52
1	PZA	FPIM-100TX	ENET PORT INTERFACE MODULE FOR 100BASETX	\$ 327.60	\$ 327.60
1	PZA	FPIM-100FX	ENET PORT INTERFACE MODULE FOR 100BASEFX	\$ 556.92	\$ 556.92
1	PZA	PEI-1002-N	TARJETA DE RED PCI GIGABIT ETHERNET 64 BITS	\$ 1,346.80	\$ 1,346.80
TOTAL DE LA RED LAN OFICINAS CANCÚN				DLLS	\$ 36,329.80

5.- CABLEADO ESTRUCTURADO AEROPUERTO CANCÚN

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	HPW84RR19	RACK DE 7 PIES DE ALTURA EN COLOR NEGRO ANODIZADO	\$ 255.54	\$ 255.54
1	PZA	6653 1 702-96	PATCH PANEL DE 96 PUERTOS RJ-45 MARCA KRONE	\$ 603.13	\$ 603.13
160	PZA	6467 1 081-20	SALIDA MODULAR RJ-45 MARCA KRONE	\$ 5.67	\$ 906.78
75	PZA	6644 1 152-02	PLACA FRONTAL MODULAR P/2 SERVICIOS MARCA KRONE	\$ 2.62	\$ 196.18
3	PZA	6644 1 154-02	PLACA FRONTAL MODULAR P/4 SERVICIOS MARCA KRONE	\$ 2.62	\$ 7.85
160	PZA	6645 2 061-04	PATCH CORD RJ45-RJ45 DE 4 PIES MARCA KRONE	\$ 4.43	\$ 709.56
88	PZA	6645 2 061-07	PATCH CORD RJ45-RJ45 DE 7 PIES MARCA KRONE	\$ 4.43	\$ 390.26
3	PZA	MCCS19	ORGANIZADOR HORIZONTAL DE CABLES MARCA HUBBELL	\$ 58.34	\$ 175.03
1	PZA	6652 2 070-19	TABLERO SMU DE 19"	\$ 117.25	\$ 117.25
1	PZA	6657 2 165-00	SISTEMA UNIVERSAL DE MONTAJE P/19"	\$ 25.55	\$ 25.55
2	PZA	6657 2 005-03	ADMINISTRADOR DE CABLEADO HORIZONTAL	\$ 22.55	\$ 45.09
13	PZA	6631 2 135-05	REGLETA FT-25 PARES CAT 5 MARCA KRONE	\$ 10.00	\$ 129.95
15	PZA	SN	CAJA PVC PARA ALOJAR CONTACTO MARCA LEGRAND	\$ 5.45	\$ 81.79
18	BOBINA	1700A	CABLE UTP 4 PARES CAT 5 MARCA BELDEN	\$ 129.27	\$ 2,326.89
TOTAL DE LA RED LAN OFICINAS CANCÚN				DLLS	\$ 5,970.84

6.- ENLACES ÓPTICOS

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
250	MTS	370.062-ALTOS-06	FIBRA ÓPTICA DE 6 HILOS MARCA SIECOR	\$ 1.47	\$ 368.42
2	PZA	6643 3 124-00	GABINETE P/12 FIBRAS MARCA KRONE	\$ 684.21	\$ 1,368.42
12	PZA	6643 3 010-00/30	CONECTOR ST MARCA KRONE	\$ 8.51	\$ 102.13
2	PZA	7006 3 555-13	PATCH CORD ST-ST DE 3 MTS MARCA KRONE	\$ 29.48	\$ 58.95
7	BOBINA	1232-A	CABLE UTP 25 PARES CAT 3 MARCA KRONE	\$ 407.37	\$ 2,851.58
1	PZA	6645 2 061-04	SISTEMA UNIVERSAL DE MONTAJE P/19"	\$ 25.55	\$ 25.55
1	PZA	6652 2 070-19	TABLERO SMU DE 19"	\$ 117.25	\$ 117.25
14	PZA	6631 2 135-05	REGLETA FT-25 PARES CAT 5 MARCA KRONE	\$ 10.00	\$ 139.94
7	PZA	NA	REGISTRO METÁLIUCO CAL-12 CON CHAPA DE 60 X 60 X 20	\$ 89.47	\$ 626.32
70	PZA	NA	TUBO CONDUIT PGG DE 51 MM	\$ 14.74	\$ 1,031.58
1	LOTE	NA	MATERIAL VARIO DE TAQUETES, PIJAS, CINCHOS, ETC.	\$ 221.05	\$ 221.05
TOTAL DE ENLACES ÓPTICOS				DLLS	\$ 6,911.18

7.- RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
8	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 7,960.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN CANCUN				DLLS	\$ 13,330.00

8.- RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
8	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 7,960.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN MÉRIDA				DLLS	\$ 13,330.00

9.- RED WAN NODO VERACRUZ TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN VERACRUZ				DLLS	\$ 9,350.00

10.- RED WAN NODO MINATITLÁN TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN MINATITLÁN				DLLS	\$ 9,350.00

11.- RED WAN NODO COZUMEL TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN COZUMEL				DLLS	\$ 9,350.00

12.- RED WAN NODO TAPACHULA TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN TAPACHULA				DLLS	\$ 9,350.00

13.- RED WAN NODO OAXACA TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN OAXACA				DLLS	\$ 9,350.00

14- RED WAN NODO HUATULCO TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN HUATULCO				DLLS	\$ 9,350.00

15.- RED WAN NODO VILLAHERMOSA TERMINAL AÉREA CENTRAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	150-1000-0210	ACT SDM-9400-UAC SDM-9400 CHASIS UNIVERSAL	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
4	PZA	160-0185-001	ACT VFC-03 A 4.8-16 KBPS VFC-03A VOICE FAX CARD	\$ 995.00	\$ 3,980.00
1	PZA	160-0455-002	ACT MOD/ETH-02 ETHERNET MODULE FOR SDM-9400 (SHIPPED IN UNIT)	\$ 595.00	\$ 595.00
3	PZA	160-0160-001	ACT ICABLE-3BK V.35 CABLE, DTE, CONNECTS TO DCE, 15' WINCHESTER MALE	\$ 150.00	\$ 450.00
1	PZA	160-0013-000	ACT RMKIT-01 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT KIT	\$ 75.00	\$ 75.00
TOTAL DE LA RED WAN EN VILLAHERMOSA				DLLS	\$ 9,350.00

16.- RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL AÉREA ANEXA

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	172-0060-000	ACT RMKIT-9300 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT UNIT ACT SDM9300-UAC SDM-9300 BASE UNIT, UAC, INTEGRATED DATA VOICE FRAD, INCL 4-UNIVERSAL DATAPORTS 2 VOICE CHANNELS & 2 EXPANSION SLOTS	\$ 75.00	\$ 75.00
1	PZA	160-0455-001	ACT MODE/ETH-01 MODULAR 1 PORT ETHERNET LAN INTERFACE	\$ 2,995.00	\$ 2,995.00
1	PZA	160-0489-001	PROVIDES 10BASE-T AND 10BASE2 CONNECTIVITY	\$ 395.00	\$ 395.00
1	PZA	160-0508-001	ACT MD26-V35-DTE V.35 DTE, WINCHESTER MALE/MD-26 MALE CABLE	\$ 106.00	\$ 106.00
TOTAL DE LA RED WAN EN CANCÚN TERMINAL ANEXA				DLLS	\$ 3,571.00

17.- RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL AÉREA ANEXA

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PZA	172-0060-000	ACT RMKIT-9300 19" NOM-SLIDING RACK MOUNT UNIT ACT SDM9300-UAC SDM-9300 BASE UNIT, UAC, INTEGRATED DATA VOICE FRAD, INCL 4-UNIVERSAL DATAPORTS 2 VOICE CHANNELS & 2 EXPANSION SLOTS	\$ 75.00	\$ 75.00
1	PZA	160-0455-001	ACT MODE/ETH-01 MODULAR 1 PORT ETHERNET LAN INTERFACE	\$ 2,995.00	\$ 2,995.00
1	PZA	160-0489-001	PROVIDES 10BASE-T AND 10BASE2 CONNECTIVITY	\$ 395.00	\$ 395.00
1	PZA	160-0508-001	ACT MD26-V35-DTE V.35 DTE, WINCHESTER MALE/MD-26 MALE CABLE	\$ 106.00	\$ 106.00
TOTAL DE LA RED WAN EN MÉRIDA TERMINAL ANEXA				DLLS	\$ 3,571.00

18.- MANO DE OBRA Y SERVICIOS EN GENERAL

CANT.	UNIDAD	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	SERV	NA	MANO DE OBRA POR EL TENDIDO DE CABLE	\$ 2,684.21	\$ 2,684.21
1	SERV	NA	MANO DE OBRA POR REMATES	\$ 1,995.79	\$ 1,995.79
1	SERV	NA	CERTIFICACIÓN DE CABLEADO CON UNA GARANTÍA DE 15 AÑOS DE DURABILIDAD	\$ 1,052.63	\$ 1,052.63
1	SERV	NA	MANO DE OBRA POR LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA Y TENDIDO DE CABLE DE VOZ Y FIBRA ÓPTICA	\$ 1,789.47	\$ 1,789.47
1	SERV	NA	MANO DE OBRA POR CONECTORIZACIÓN Y REMATES	\$ 473.68	\$ 473.68
1	SERV	NA	INSTALACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE RED WAN PARA 12 NODOS, NO INCLUYE VIÁTICOS NI GASTOS DE TRANSPORTE	\$ 18,148.20	\$ 18,148.20
TOTAL DE LA RED WAN EN MÉRIDA TERMINAL ANEXA				DLLS	\$ 26,143.98

COSTOS DETALLADOS DE MANO DE OBRA, INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

DESCRIPCIÓN	MONEDA	COSTO
1.- RED LAN CIUDAD DE MÉXICO	DLLS	\$ 2,300.00
2.- RED WAN CIUDAD DE MÉXICO	DLLS	\$ 2,600.00
3.- SERVIDOR DE WEB EN LA CIUDAD DE MÉXICO	DLLS	\$ 1,048.00
4.- RED LAN OFICINAS CANCÚN	DLLS	\$ 2,300.00
5.- CABLEADO ESTRUCTURADO AEROPUERTO CANCÚN	DLLS	\$ 6,206.31
6.- ENLACES ÓPTICOS	DLLS	\$ 1,789.67
7.- RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 2,600.00
8.- RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 1,000.00
9.- RED WAN NODO VERACRUZ TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
10.- RED WAN NODO MINATITLÁN TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
11.- RED WAN NODO COZUMEL TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
12.- RED WAN NODO TAPACHULA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
13.- RED WAN NODO OAXACA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
14.- RED WAN NODO HUATULCOTERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
15.- RED WAN NODO VILLAHERMOSA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 700.00
16.- RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL ÁREA ANEXA	DLLS	\$ 700.00
17.- RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL ÁREA ANEXA	DLLS	\$ 700.00
SUBTOTAL		\$ 26,143.98

19.- PROGRAMA DE SOPORTE LANCARE EN SITIO POR UN PERIODO DE UN AÑO

DESCRIPCIÓN	LANCARE PLUS CON PARTS EXPRESS	COSTO DE LANCARE PLUS DURANTE UN AÑO
RED LAN CIUDAD DE MÉXICO	7 X 12 X 2 HRS.	\$ 9,400.54
RED WAN CIUDAD DE MÉXICO	7 X 12 X 2 HRS.	\$ 6,016.64
RED LAN OFICINAS CANCÚN	7 X 12 X 2 HRS.	\$ 8,229.26
RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL ÁREA CENTRAL	7 X 12 X 2 HRS.	\$ 3,055.57
RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL ÁREA CENTRAL	7 x 8 x 8 HRS.	\$ 3,055.57
RED WAN NODO VERACRUZ TERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO MINATITLÁN TERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO COZUMEL TERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO TAPACHULA TERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO OAXACA TERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO HUATULCOTERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO VILLAHERMOSA TERMINAL ÁREA CENTRAL	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 2,143.26
RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL ÁREA ANEXA	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 818.56
RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL ÁREA ANEXA	5 X 8 X SIGUIENTE DIA HABIL	\$ 818.56
COSTO TOTAL		\$ 46,397.52

BALANCE GENERAL DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN	MONEDA	COSTO
1.- RED LAN CIUDAD DE MÉXICO	DLLS	\$ 38,097.80
2.- RED WAN CIUDAD DE MÉXICO	DLLS	\$ 24,460.32
3.- SERVIDOR DE WEB EN LA CIUDAD DE MÉXICO	DLLS	\$ 1,951.00
4.- RED LAN OFICINAS CANCÚN	DLLS	\$ 36,329.80
5.- CABLEADO ESTRUCTURADO AEROPUERTO CANCÚN	DLLS	\$ 5,970.84
6.- ENLACES ÓPTICOS	DLLS	\$ 6,911.18
7.- RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 13,330.00
8.- RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 13,330.00
9.- RED WAN NODO VERACRUZ TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
10.- RED WAN NODO MINATITLÁN TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
11.- RED WAN NODO COZUMEL TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
12.- RED WAN NODO TAPACHULA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
13.- RED WAN NODO OAXACA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
14.- RED WAN NODO HUATULCOTERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
15.- RED WAN NODO VILLAHERMOSA TERMINAL ÁREA CENTRAL	DLLS	\$ 9,350.00
16.- RED WAN NODO CANCÚN TERMINAL ÁREA ANEXA	DLLS	\$ 3,571.00
17.- RED WAN NODO MÉRIDA TERMINAL ÁREA ANEXA	DLLS	\$ 3,571.00
18.- MANO DE OBRA Y SERVICIOS EN GENERAL	DLLS	\$ 26,143.98
19.- PROGRAMA DE SOPORTE LAN CARE EN SITIO CON UN PERIODO DE UN AÑO CON UN SOPORTE AL 80%	DLLS	\$ 46,397.52
SUBTOTAL		\$ 285,514.44
IVA		\$ 42,827.17
TOTAL		\$ 328,341.61

(TRESCIENTOS VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y UN DOLARES 61/100 USCY)

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

IV. Implementación y Pruebas.

De acuerdo al diseño de la red WAN de ASUR y los equipos comerciales, se implementó la solución propuesta, se realizó el mapa de direcciones IP, se confirmaron los anchos de banda requeridos, se realizaron las pruebas de conexión y desempeño de la red.

IV.1 Configuración de Equipos ACT.

DLCI's

Como ya hemos mencionado, el DLCI es el identificador de la conexión que se realiza en la nube de Frame Relay. Por lo tanto se debe tener un DLCI por cada conexión existente en la red WAN. En la *Tabla IV – 1* se puede observar como se asignó el DLCI y el CIR para cada enlace.

Enlace	DLCI	CIR
CANCÚN-MÉXICO	72	128
CANCÚN ANEXA-CANCÚN	101	64
COZUMEL-MÉXICO	74	64
HUATULCO-MÉXICO	22	64
MÉRIDA-MÉXICO	19	64
MÉRIDA ANEXA-MÉRIDA	200	64
MINATITLÁN-MÉXICO	21	64
OAXACA-MÉXICO	20	64
TAPACHULA-MÉXICO	25	64
VERACRUZ-MÉXICO	23	64
VILLAHERMOSA-MÉXICO	24	64

Tabla IV - 1. Asignación de DLCI y CIR.

El CIR, que esta ligado directamente con el ancho de banda, se definió según las necesidades de cada sitio. En la mayoría de los sitios remotos se estableció que un enlace de 64 Kbps era suficiente para cubrir las necesidades locales. A pesar de que en Mérida se tiene una terminal anexa, el flujo de información de la terminal anexa sumado al de la terminal principal no es tan grande como para tener que aumentar el CIR del enlace

MÉRIDA-MÉXICO, lo cual sí sucede en Cancún, que junto con su terminal anexa requieren de un ancho de banda mayor.

Mapas De Telefonía

De manera similar a un conmutador, los equipos ACT necesitan saber cómo comunicarse entre si en lo que a telefonía se refiere. Por lo tanto, necesitamos definir, para cada posible punto terminal de comunicación telefónica, un número de marcado, para que los equipos sepan dirigir los enlaces telefónicos. Este mapa de telefonía debe de estar presente en cada uno de los equipos de la red WAN, así como la parte correspondiente en la configuración de cada tarjeta que dé este servicio. *Tabla IV – 2.*

Número de Mapa	Marcado Rápido	Destino	Número de Extensión Destino
1	4500	CANCÚN	11
2	4501	CANCÚN	21
3	4502	CANCÚN	31
4	4503	CANCÚN	41
5	4504	CANCÚN	51
6	4505	CANCÚN	61
7	4506	CANCÚN	71
8	4507	CANCÚN	81
9	4590	CANCÚN-ANEXA	21
10	4591	CANCÚN-ANEXA	22
11	4592	CANCÚN-ANEXA	23
12	4593	CANCÚN-ANEXA	24
13	4600	MEXICO	21
14	4601	MEXICO	22
15	4602	MEXICO	23
16	4603	MEXICO	24
17	4604	MEXICO	25
18	4605	MEXICO	26
19	4606	MEXICO	31
20	4607	MEXICO	32
21	4608	MEXICO	33
22	4609	MEXICO	34
23	4610	MEXICO	35

24	4611	MEXICO	36
25	4612	MEXICO	51
26	4613	MEXICO	52
27	4614	MEXICO	53
28	4615	MEXICO	54
29	4616	MEXICO	55
30	4617	MEXICO	56
31	4618	MEXICO	11
32	4700	COZUMEL	41
33	4701	COZUMEL	51
34	4702	COZUMEL	61
35	4703	COZUMEL	71
36	4704	COZUMEL	81
37	4725	HUATULCO	51
38	4726	HUATULCO	61
39	4727	HUATULCO	71
40	4751	MERIDA	41
41	4752	MERIDA	51
42	4753	MERIDA	61
43	4754	MERIDA	71
44	4755	MERIDA	81
45	4800	MINATITLAN	41
46	4801	MINATITLAN	51
47	4802	MINATITLAN	61
48	4803	MINATITLAN	71
49	4804	MINATITLAN	81
50	4825	OAXACA	51
51	4826	OAXACA	61
52	4827	OAXACA	71
53	4828	OAXACA	81
54	4851	TAPACHULA	51
55	4852	TAPACHULA	61
56	4853	TAPACHULA	71
57	4854	TAPACHULA	81
58	4876	VERACRUZ	41
59	4877	VERACRUZ	51
60	4878	VERACRUZ	61
61	4879	VERACRUZ	71
62	4880	VERACRUZ	81

63	4900	VILLA HERMOSA	51
64	4901	VILLA HERMOSA	61
65	4902	VILLA HERMOSA	71
66	4903	VILLA HERMOSA	81

Tabla IV - 2. Mapa de Telefonía General.

Por ejemplo, en Villahermosa se deben de configurar las tarjetas telefónicas con las extensiones 4900-4903, y la tarjeta de México debe de contener las extensiones 4600-4618, para que los equipos, de acuerdo a este mapa de telefonía, puedan realizar correctamente las conexiones telefónicas.

Direccionamiento IP

Otro dato imprescindible dentro del esquema que estamos planteando es el de las direcciones IP, que es el protocolo que estamos empleando para establecer una comunicación entre dos dispositivos de red dentro de nuestra WAN, encapsulándolo dentro de Frame Relay para tener un mejor desempeño. En la *Tabla IV – 3* se puede apreciar el direccionamiento empleado.

Punto	IP LAN	IP WAN
CANCÚN	192.168.10.254/24	192.168.1.31
CANCÚN ANEXA	192.168.20.254/24	192.168.1.32
CD MÉXICO	192.168.140.254/24	192.168.1.10
COZUMEL	192.168.40.254/24	192.168.1.20
HUATULCO	192.168.110.254/24	192.168.1.70
MÉRIDA	192.168.50.254/24	192.168.1.90
MINATITLAN	192.168.80.254/24	192.168.1.80
OAXACA	192.168.100.254/24	192.168.1.60
TAPACHULA	192.168.130.254/24	192.168.1.100
VERACRUZ	192.168.90.254/24	192.168.1.50
VILLA HERMOSA	192.168.70.254/24	192.168.1.40

Tabla IV - 3. Direccionamiento IP LAN y WAN.

Tablas de ruteo

Como se puede apreciar en la tabla anterior, existen diferentes segmentos de red dentro del esquema de direccionamiento propuesto, por lo que es necesario que cada equipo realice un enrutamiento de los paquetes para que lleguen a su destino. La Tabla IV – 4 es la tabla de ruteo del equipo ACT de la Ciudad de México.

DESTINATION	VAL	COST	INTRF	NEXT HOP	AGE	MASK	TYPE	PROT
000.000.000.000	Y	0	LAN	192.168.140.252	0	s	000.000.000.000	DGTW LOCAL
192.168.001.000	Y	0	2010	192.168.001.010	0	s	255.255.255.000	SUB LOCAL
192.168.001.001	Y	0	0	192.168.001.001	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.020	Y	0	2002	192.168.001.020	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.030	Y	0	2003	192.168.001.030	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.040	Y	0	2004	192.168.001.040	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.050	Y	0	2005	192.168.001.050	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.060	Y	0	2006	192.168.001.060	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.070	Y	0	2007	192.168.001.070	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.080	Y	0	2008	192.168.001.080	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.090	Y	0	2009	192.168.001.090	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.001.100	Y	0	2010	192.168.001.100	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL
192.168.010.000	Y	1	2003	192.168.001.030	7	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.020.000	Y	2	2003	192.168.001.030	7	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.040.000	Y	1	2002	192.168.001.020	17	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.050.000	Y	1	2009	192.168.001.090	27	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.070.000	Y	1	2004	192.168.001.040	27	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.080.000	Y	1	2008	192.168.001.080	16	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.090.000	Y	1	2005	192.168.001.050	25	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.100.000	Y	1	2006	192.168.001.060	16	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.110.000	Y	1	2007	192.168.001.070	27	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.130.000	Y	1	2010	192.168.001.100	16	s	255.255.255.000	NET RIP
192.168.140.000	Y	0	LAN	192.168.140.254	0	s	255.255.255.000	SUB LOCAL
192.168.140.254	Y	0	LAN	192.168.140.254	0	s	255.255.255.255	HOST LOCAL

Tabla de ruteo de México.

El significado de las columnas es el siguiente:

- DESTINATION. Es el segmento de red al que se quiere llegar.
- VAL. Es el valor lógico que define si se va a tener acceso al segmento o no y por lo general es afirmativo (Y).
- COST. Es el número de saltos que se requieren para llegar al segmento de red deseado. Por ejemplo, para el segmento de la terminal anexa de Cancún (192.168.20.0), necesita dar el

salto al ACT de la terminal principal de Cancún y un segundo salto al equipo de la terminal anexa de Cancún.

- INTRF. Es el identificador de la interfaz por donde se tiene acceso al segmento de red deseado.
- NEXT HOP. Es hacia dónde se realiza el siguiente salto para llegar al segmento de red deseado.
- AGE. Es el tiempo de latencia promedio que toma llegar al segmento de red deseado.
- MASK. Es la máscara de red que se asocia al segmento de red deseado.
- TYPE PROT. Se refiere a de donde obtiene la información para crear la ruta de acceso al segmento de red deseado.

IV.2. Configuración de Cobalt.

Como ya lo habíamos mencionado, el equipo Cobalt tiene tres funciones principales: Servidor de Internet, Servidor de correos y Servidor DNS. En realidad, el equipo Cobalt resulta un dispositivo muy sencillo de configurar, al menos para las funciones primordiales para las que está diseñado. A continuación mostramos cada una de las funciones.

Internet

Para poder desempeñarse como un servidor de Internet, un dispositivo necesita contar con dos interfaces de red. La razón es la siguiente: una de las interfaces es la que tendrá comunicación con la LAN del corporativo de ASUR, y por ende, con toda la red de los aeropuertos del grupo ASUR. Para que cualquier dispositivo de la red WAN del grupo ASUR pueda tener acceso a Internet, el equipo Cobalt necesita que la otra interfaz de red esté en contacto con su proveedor de servicio de Internet (ISP). Así, el equipo Cobalt puede funcionar como servidor de Internet para el grupo ASUR. Para este proyecto, el ISP proporciona un ancho de banda de 128 Kbps, el cual puede incrementarse conforme las necesidades del grupo ASUR así lo requieran.

La configuración de la interfaz primaria se puede realizar directamente en el equipo mediante el panel de control que se

muestra en la siguiente figura, o mediante un navegador de Internet (Netscape, MS Explorer, etc.) direccionado a la dirección IP o alias del equipo Cobalt, como se muestra en la *Figura IV - 1*.

The screenshot shows the 'Administrator Site' configuration page in Microsoft Internet Explorer. The browser's address bar shows the URL 'http://www.asur.com.mx:811/cobalt/systemManager/'. The page has a navigation menu on the left with options like Users, Groups, Mailing Lists, Network, Control Panel, Maintenance, System Status, Service Status, and Public Site. The main content area is divided into three sections:

- General Settings:** A table with fields for Hostname (cobalt), Domain Name (asur.com.mx), Primary DNS Server Address (204.87.205.209), Secondary DNS Server Address (optional) (200.33.146.193), Default Gateway (200.53.135.118), and IP Forwarding (unchecked).
- Interface Settings - Primary Interface:** A table with fields for IP Address (200.53.135.113), Subnet Mask (255.255.255.248), Network Address Translation (NAT) (unchecked), and MAC Address (00:10:E0:00:39:F7).
- Interface Settings - Secondary Interface:** A message stating 'The secondary interface is not connected to the network.'

Below these sections, there is a note: 'Please coordinate this information with your system administrator to ensure the integrity of your network.' and a 'Save Changes' button. At the bottom, a small text box explains: 'This is the IP address of the network gateway, such as your router or firewall. A gateway address is required to connect to systems outside the local network. It may be left empty if you do not wish to access outside networks. If you are using a modem, the word modem will be in this field.'

Figura IV - 1. Configuración por medio de un navegador de Internet.

Al terminar de configurar las dos interfaces, el equipo está prácticamente listo para poder realizar su función de Servidor de Internet. El último paso que se debe de realizar es el de habilitar la función de Traslación de Dirección de Red o NAT (Network Address Translation). Al habilitar esta función, el equipo Cobalt puede, utilizando una sola dirección IP válida, darle acceso a todos los equipos dentro de la red WAN de ASUR, pues realiza una traducción de las IP no válidas de los dispositivos de la red WAN en la IP válida que se le ha asignado, y así, los dispositivos pueden navegar en Internet sin que cada uno de ellos tenga una IP válida.

Correos

En este rubro, no se necesita más que dar de alta las cuentas de cada uno de los usuarios, lo cual se puede realizar entrando al servidor (Telnet) o mediante la interfaz Web, la cual resulta mucho más amigable para el administrador. Al dar de alta una cuenta con la interfaz Web, se dan los siguientes datos :

- Nombre completo del usuario.
- Nombre del usuario o login.
- Contraseña.
- Verificación de contraseña.
- Máximo espacio en disco.
- Alias de correo electrónico.

como se muestra en la *Figura IV – 2* y se actualiza la información en el servidor haciendo clic en el botón de Add User. La capacidad de almacenamiento de los usuarios es algo que se debe de calcular con mucho cuidado, pues el equipo puede no funcionar correctamente si este límite se sobrepasa.

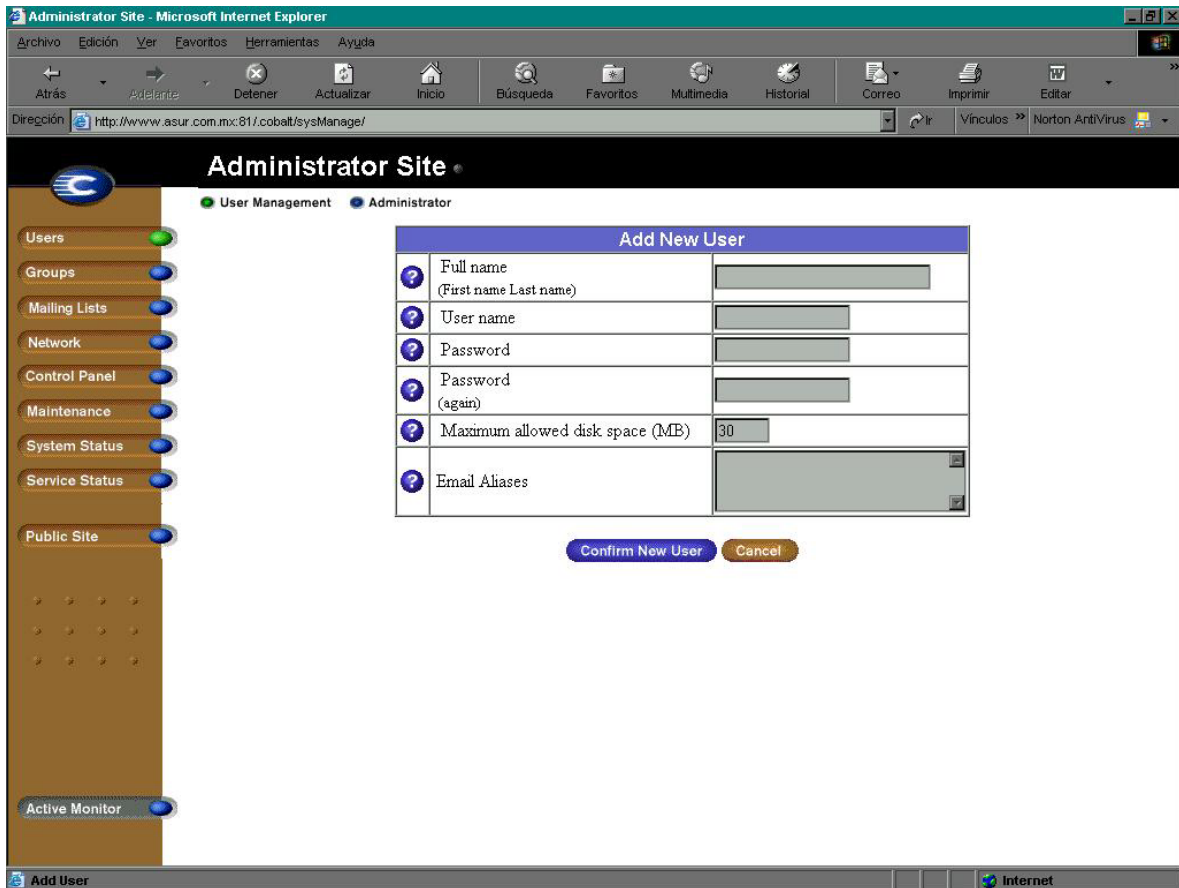


Figura IV - 2. Alta de un usuario de correo.

DNS

Para que un usuario pueda navegar en Internet, no sólo necesita el enlace con la red mundial, sino también algo que le diga en donde se encuentra lo que él busca. Normalmente cuando un usuario navega, busca lugares en Internet por su nombre. Por ejemplo, si un usuario quiere encontrar información acerca de las carreras que se imparten en la UNAM, buscará con su navegador la página de Internet de la UNAM, www.unam.mx. Pero esta información no es suficiente para que se pueda localizar el destino deseado, pues el direccionamiento de la información se realiza con base en las direcciones IP de los dispositivos, así que necesitamos de un dispositivo que nos proporcione la relación entre las direcciones IP y los alias o nombres de los dispositivos. Ésta, como ya hemos visto, es la función de un DNS. Y para que el equipo Cobalt funcione como

un servidor DNS, necesita retroalimentarse de otro servidor DNS, por lo que necesitamos configurar este parámetro.

IV.3. Reportes.

Conforme se fueron realizando las diferentes actividades, se hicieron reportes como el que se muestra a continuación:

08-12-99

Aeropuerto de Tapachula

Llegada: 1:00 pm

Salida: 10:40 pm

Equipo:

Se entregó el siguiente equipo:

1 ACT SDM-9400 N/S U052863

4 Tarjetas ACT VFC-03

1 Módulo Ethernet Mod Eth-02 para SDM-9400

1 Cable V.35, DTE, Winchester

1 Kit ACT RMKIT-01 19" para rack

Actividades:

- Revisión del equipo entregado.
- Cableado y configuración del SDM-9400 con sus tarjetas.
- Pruebas satisfactorias del comando PING y del comando TELNET en la configuración del SDM-9400 a través de equipos locales de la LAN.
- Pruebas satisfactorias de telefonía local con el equipo SDM-9400.
- Cableado del equipo SDM-9400 para poder realizar la futura conexión con los demás aeropuertos.
- Configuración y puesta a punto de la LAN y PC's del aeropuerto.

Comentarios:

Se requirió reacomodar algunos equipos en el site donde se colocó el equipo ACT.

Al finalizar el proyecto se procedió a entregar una memoria técnica al cliente con toda la información recopilada de los diversos reportes de actividades, incluyendo la configuración completa de cada uno de los equipos instalados.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Después de x meses de trabajo, el proyecto finalizó exitosamente, se realizó la instalación de todos los equipos en los nueve aeropuertos de ASUR, llevando a cabo las pruebas necesarias, se puso en marcha la red WAN de voz y datos, se comprobó que cumple con los requerimientos señalados por ASUR, tanto a corto, como a mediano plazo.

Al dar por terminado el proyecto, podemos concluir que se cumplieron los siguientes objetivos:

- Transmisión eficiente de voz y datos.
- Abatimiento de costos por llamadas de larga distancia.
- Dominio propio del grupo aeroportuario.
- Reducción de tiempos de operación y administración.
- Servicio de correo electrónico.

Además, tomando en cuenta las necesidades y el crecimiento a futuro del grupo, se preparó la red para soportar la integración de nuevos servicios como videoconferencia, aumentar anchos de banda, así como servicios de voz y datos en cada aeropuerto.

Al trabajar en este proyecto, nos dimos cuenta de las necesidades reales de las empresas para actualizarse en el ambiente tecnológico. Aunque nos tomó tiempo de investigación y preparación, finalmente reforzamos nuestros conocimientos adquiridos en la carrera y tuvimos la oportunidad de aplicarlos, dándonos cuenta que aunque no fue fácil llevar la teoría a la práctica, nos hubiera resultado imposible diseñar la red sin fundamentos teóricos.

La red lleva funcionando un poco más de tres años, en este tiempo se ha comprobado su buen desempeño, ya que el mantenimiento que se le ha dado a los equipos y a la configuración de los mismos ha sido prácticamente nulo. Lo único que se ha mejorado debido a las necesidades de crecimiento del grupo es el aumento en el ancho de banda.

Aunque la tendencia a futuro son las redes de voz y datos sobre IP, en el momento de diseñar la red ASUR la mejor opción fue usar tecnología Frame Relay ya que se contaba con una mejor infraestructura y había más proveedores de equipo y servicio.

La historia de las comunicaciones está llena de innovaciones, características y funciones que antes eran solo un sueño y ahora se han convertido en estándares, hace unos años la idea de utilizar voz y datos con base en el protocolo IP parecía estar a una gran distancia, ahora la telefonía puede funcionar con esta tecnología y las compañías grandes y pequeñas se dan cuenta que las comunicaciones IP proporcionan gran funcionalidad.

Es probable que en un futuro, sea conveniente cambiar a IP, debido a que la tendencia del mercado se está inclinando cada vez con mayor fuerza hacia dicha tecnología, sin embargo en este momento no es recomendable un cambio en la red de ASUR, ya que la solución implementada sigue cubriendo las necesidades del grupo y aún se puede aprovechar por algún tiempo. En su momento, se tendrá que volver a hacer un análisis de las nuevas tecnologías, aunque la red siga funcionando sin mayor problema. El cambio dependerá de las nuevas necesidades dentro del grupo aeroportuario y de las nuevas soluciones que surjan, así como del ciclo de vida de los equipos en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS:

- Black Ulyses D., Redes de Computadoras, Protocolos, Normas e Interfaces, AlfaOmega Grupo Editor S.A. de C.V., México 1999.
- Carlson Skip, et al, The Basic Guide to Frame Relay Networking, Todd Bahner, JT Communications LLC, EUA 1998.
- González Sains, Néstor, Comunicaciones y Redes en Procesamiento de Datos, Mc Graw-Hill, México 1996.
- Guijarro Coloma, Luis, Redes ATM: Principios de Interconexión y su aplicación, Alfaomega ra-ma, México 2000.
- Madron, Thomas W., Redes de Área Local, Noriega Editores, México 1992.
- Olivares, Gonzalo, Redes locales de computadoras, Prentice Hall, México 1997.
- Ray, John, TCP/IP, Prentice Hall, España 1999.

ARTÍCULOS:

- CCITT Rec I.362 B-ISDN ATM Adaptation Layer (AAL) functional description. Geneva 1991.
- Frame Relay in Public Networks. M. Irfan Ali. IEEE - Communications Magazine - March 1992.
- ATM Internetworking. Anthony Alles. Cisco Systems Inc, Marzo 1995.
- Global Telephony Sept 1994, vol.2, No.8. ATM Testing crosses network boundaries, Jim Frimmel.
- Newslink, Alcatel Telecom's customer magazine. Vol. IV No.4, 4th Quarter 1996. Adapting Networks to the Internet Challenge. Krish Prabhu.

SITIOS DE INTERNET:

- http://www.cisco.com/warp/public/788/products/2fxo_vic.html
- <http://www.currents.net/resources/dictionary/index.html>
- <http://www.develcon.com/kb/i015.htm>
- <http://www.frforum.com/4000/4003.html>
- http://www.ieeevic.org/~ieee/sigproc/armstrong_ofdm.pdf
- <http://www.monografias.net/trabajos/atm/atm.shtml>
- www.onelook.com
- www.refdesk.com
- <http://www.tmforum.org>
- <http://www.usfca.edu/fac-staff/morriss/651/tech-projects/TDM/tdm.html>
- <http://scitsc.wlv.ac.uk>
- <http://www.upaep.mx/puebla/atm/eatm.html>
- <http://webopedia.com>
- <http://whatis.com>