

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**IMPLEMENTACION DE UNA RED WAN CORPORATIVA
CON ENLACES GIGABIT Y PUNTO A PUNTO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

FERNANDO CACHAY GUERRERO

**PROMOCIÓN
2003 - I**

**LIMA – PERÚ
2006**

**IMPLEMENTACION DE UNA RED WAN CORPORATIVA CON ENLACES
GIGABIT Y PUNTO A PUNTO**

Dedico este trabajo a:
Todos aquellos que me apoyan y alientan día a
día, convirtiéndose en mis fuentes de inspiración.

SUMARIO

El presente trabajo describe como se llevó a cabo la implementación de la red corporativa de la empresa Luz del Sur en la zona Sur y Este de nuestra capital, siendo una de las redes mas rápidas que existe en nuestro medio después de aquellas pertenecientes a operadoras de telecomunicaciones.

El capítulo I se refiere al análisis de las necesidades que requieren ser cubiertas y que fueron tomadas en cuenta antes de proceder con el diseño. Así mismo se muestra la infraestructura existente al inicio del proyecto.

El capítulo II muestra las opciones en tecnología para llevar a cabo la implementación de la red. Se detalla la operación de los protocolos ethernet y ATM para redes WAN.

El capítulo III describe la solución indicando de manera detallada los pasos seguidos y la configuración de los equipos de red.

El capítulo IV muestra el sistema de contingencias para la recuperación ante fallas en algún punto de la red.

En los anexos encontramos teoría general sobre redes de datos y detalles técnicos de los equipos utilizados.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Reseña Histórica de la Red de Datos de la Empresa Luz del Sur	3
1.4 Distribución de los Principales Locales de Interconexión	4
1.5 Distribución de los Usuarios	5
1.6 Servicios Ofrecidos a los Usuarios	6
1.7 Aplicaciones entre Servidores	7
1.8 Cálculo del Tráfico Promedio en cada Local	8
1.9 Infraestructura de Comunicaciones Iniciales	8

CAPÍTULO II

PRINCIPALES TECNOLOGÍAS PARA LA INTERCONEXIÓN WAN

2.1 Tecnologías para Enlaces de Alta Velocidad	10
2.1.1 ATM	10
2.1.2 Gigabit Ethernet	16

CAPÍTULO III

CONFIGURACION FÍSICA Y LÓGICA DE LA RED

3.1 Bosquejo de la Solución Utilizada	35
3.2 Enlace Físicos	36
3.2.1 Enlaces de Fibra Óptica	37
3.2.2 Enlaces de Microondas y Cable de Cobre	37
3.3 Equipos de Core	37
3.3.1 Principales Características de los Switches de Core	39
3.3.2 Convertidores de Medio	40
3.3.3 Configuración del Switch de Core de San Isidro	41
3.3.4 Configuración del Switch de Core de Chacarilla	42
3.4 Solución por Sucursal	44
3.4.1 Sucursal Chosica	46
3.4.2 Sucursal de Vitarte	47
3.4.3 Sucursal de Santa Anita	48
3.4.4 Sucursal de San Bartolo	48
3.4.5 Sucursal de Villamaría del Triunfo	48
3.4.6 Sucursal de San Juan de Miraflores	49
3.4.7 Sucursal de Pedro Miotta	50
3.4.8 Sucursal de Chorrillos	50
3.4.9 Sucursal de Miraflores	50
3.4.10 Sucursal de La Victoria	51
3.5 Análisis de Tráfico	51

CAPÍTULO IV

SISTEMA DE CONTINGENCIAS PARA LA RED WAN

4.1 Vulnerabilidades Físicas de la Red	54
4.2 Enlaces de Contingencia	54
4.2.1 Contingencia para el Enlace San Isidro – Chacarilla	54
4.2.2 Contingencia para el Enlace Chacarilla – Pedro Miotta	56

4.2.3 Contingencia para el Enlace Santa Anita – Chacarilla	56
4.2.4 Contingencia para el Enlace Vitarte – Santa Anita	56
4.2.5 Contingencia Pedro Miotto - San Juan y Miraflores - San Isidro	57
4.3 Contingencia para los Switches de Core	57
4.4 Opciones para Alta Disponibilidad	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
ANEXO A	60
ANEXO B	69
BIBLIOGRAFÍA	76

PRÓLOGO

Desde los inicios de las comunicaciones, ha estado presente la necesidad de intercambiar información entre puntos distantes del planeta en el menor tiempo posible, incentivando al hombre a buscar nuevas formas de transportar la información de manera rápida y eficiente. Es así como, apoyándose en el avance de la electrónica, el hombre consigue crear las redes de datos, que permiten convertir la información a pulsos eléctricos y llevarlos a destinos lejanos en pequeños intervalos de tiempo.

Con el avance del tiempo, las distintas aplicaciones que se van desarrollando requieren de mayor velocidad y menor retardo en las transmisiones de datos, llevando a desarrollar la tecnología de las comunicaciones a larga distancia, entre ellas, interconexión de redes de datos locales separadas geográficamente, conocidas como Redes WAN.

Para la interconexión de equipos en redes locales han prevalecido las redes ethernet por su funcionalidad, siendo así la mas empleada a nivel mundial. Gracias al desarrollo de medios de comunicación rápidos como la fibra óptica, es posible extender las redes locales con el mismo protocolo ethernet a grandes velocidades, convirtiéndose en una nueva tecnología WAN.

El presente trabajo muestra un desarrollo de cómo interconectar las redes locales mediante Gigabit Ethernet, y bajo que condiciones se deben utilizar, mostrando las ventajas y desventajas frente a otras tecnologías de banda ancha.

CAPITULO I

DESCRIPCION GENERAL DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

En el presente informe se tratará sobre la ampliación de la red de datos de la empresa Luz del Sur, la cual es una empresa dedicada a la distribución de energía eléctrica en la zona este y sur de nuestra capital, debiendo mantener interconectadas sus diferentes oficinas con el fin de llevar acabo la atención a sus clientes con el pago de sus recibos de consumo de energía eléctrica, servicio de cortes y reconexión de fluido eléctrico, atención de emergencias de carácter eléctrico, etc. lo cual requiere contar con un sistema informático que facilite y permita organizar el trabajo.

Las empresas eléctricas están reguladas por la entidad fiscalizadora OSINERG, y esta es quien exige a Luz del Sur el cumplimiento de requisitos mínimos en los temas referentes a la atención al cliente y la calidad de servicio, por lo cual se requiere de una red de datos de suficiente velocidad para poder apoyar a los trabajadores en el cumplimiento de los requisitos mencionados.

Esta exigencia llevó a Luz del Sur ha mejorar la velocidad de intercambio de información entre los equipos de cómputo para mayor rapidez en la atención a los usuarios y la consolidación de la información. En base a esta necesidad se desarrolló el proyecto de incremento de ancho de banda de la red de datos metropolitana.

1.2 Objetivos

Los objetivos al inicio del proyecto fueron:

1. Rediseñar la Red WAN corporativa utilizando enlaces de alta velocidad
2. Implementar un sistema de alta disponibilidad de los servicios informáticos mediante replicación de data en tiempo real.
3. Escoger entre las posibles tecnologías de equipos de redes para enlaces de alta velocidad.

4. Plantear un modelo de autonomía de servicios de las redes LAN de cada local al verse aislado de los principales nodos.
5. Diseñar un sistema de redes de contingencia ante la pérdida de los enlaces WAN de fibra.

El punto 2 de esta lista de objetivos no es parte del tema central del presente informe por lo cual será comentado brevemente.

1.3 Reseña Histórica de la Red de Datos de la Empresa Luz del Sur

La empresa Luz del Sur inició operaciones hacia el año 1994, contando con enlaces de microondas entre sus diferentes locales y su oficina central ubicada en el distrito de San Isidro.

Los enlaces de microondas eran principalmente E1 no canalizados para la red de datos, permitiendo transferir hasta 2048 Kbps, que resultaban insuficientes en algunas oportunidades. Así mismo se tenía enlaces de menor velocidad como 512 Kbps para los locales más distantes y de menor cantidad de usuarios. A la vez se utilizaban otros flujos de microondas para transferencia de señales de telefonía, monitoreo de equipos de medición y manipulación remota de equipos electromecánicos como relés en las Sub Estaciones.

Las operaciones realizadas en las cajas de pago eran transmitidas al final del día laboral de manera manual, es decir se debía cargar la data en discos flexibles e insertarlos en un equipo destinado a realizar la copia de la información hacia la base de datos central, teniendo que esperar hasta el siguiente día para que las transacciones realizadas en un local sean reflejadas en el resto de los locales.

A partir del año 2000 se presenta el proyecto de ampliación de la red de telecomunicaciones de la empresa, teniendo como principal requerimiento brindar alta disponibilidad de los sistemas de información de la empresa, y así brindar la mejor atención al cliente exigida por la entidad reguladora correspondiente (OSINERG).

La alta disponibilidad consiste en tener los servicios en funcionamiento en todo momento bajo cualquier tipo de desastre o percance, lo cual generó la necesidad de

tener la información replicada en dos lugares diferentes, separados geográficamente y en tiempo real, lo que exigía medios de comunicación de alta velocidad, siendo la fibra óptica la mejor candidata para cubrir esta necesidad, y así, aprovechando la facilidades legales que brindan las leyes de telecomunicaciones en el Perú para tener una red WAN propia a las empresas que tienen como rubro la distribución de energía, se decidió interconectar los principales locales con fibra óptica.

En la actualidad, a través de éstas fibras se brindan los servicios de voz, datos y almacenamiento remoto, pero tienen la desventaja de haber sido tendidas de forma aérea, siendo vulnerables a cortes debidos a diferentes tipos de eventos o accidentes a lo largo de su tendido, para lo cual se ha implementado un sistema de contingencias basados en los antiguos medios de comunicación y enlaces DSL a través de cables de cobre utilizados antiguamente sólo para telefonía.

Actualmente se está avanzando con un nuevo proyecto de fibra redundante, que consiste en realizar nuevos tendidos de fibra óptica a través de trayectorias diferentes y así mantener el enlace habilitado en todo momento.

1.4 Distribución de los Principales Locales de Interconexión

La red se extiende entre 12 locales distribuidos entre la zona sur y este de Lima., los cuales se encuentran en:

- San Isidro – Av. Canaval y Moreyra 380
- Chacarilla – Av. Intihuatana 290 (Surquillo)
- Pedro Miotta - Av. Pedro Miotta 400 (San Juan de Miraflores)
- San Juan – Av. San Juan cdra 10 (San Juan de Miraflores)
- San Bartolo – Antigua Carretera Panamericana Sur Km 49
- Villa María del Triunfo –Av. El Triunfo 608
- Santa Anita – Óvalo de Santa Anita
- Vitarte – Carretera Central Km. 6.5
- Chosica – Av. 28 de Julio 485
- La Victoria – Av. Paseo de la República 1501
- Miraflores – Av. Ricardo Palma 461

- Chorrillos - Av. Defensores del Morro 345

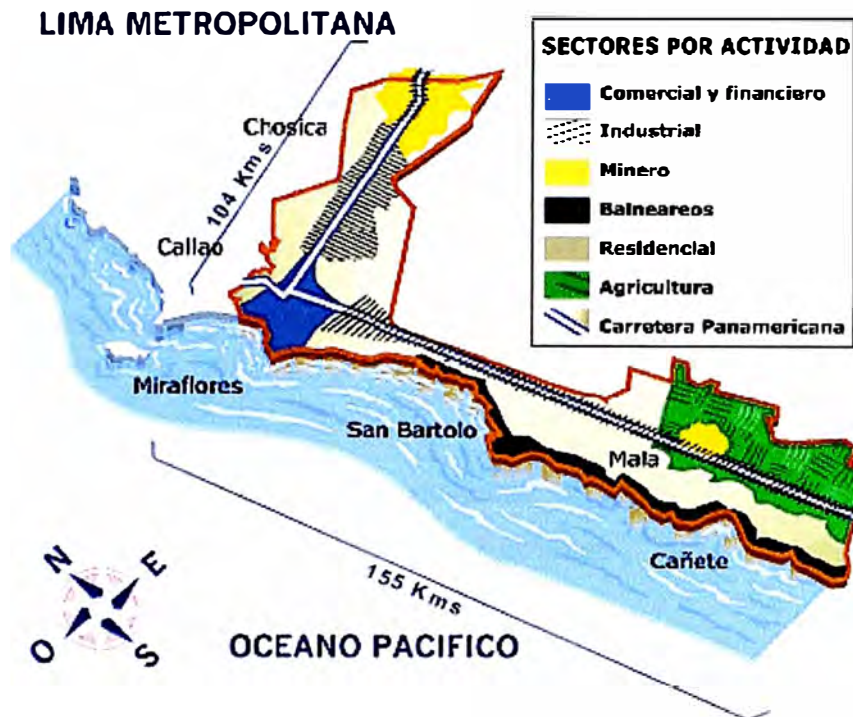


Fig. 1.1 Zona Sur y Este de Lima

La figura 1.1 muestra la zona geográfica de distribución de la red.

Los servicios informáticos principales están distribuidos y replicados en los locales de San Isidro y Chacarilla por ser los más importantes, de tal forma que el enlace entre ellos es el mas utilizado.

1.5 Distribución de los Usuarios

Las cantidades de usuarios en promedio de la red por cada local se distribuyen de la siguiente manera:

- San Isidro → 200 Usuarios
- Chacarilla → 200 Usuarios
- Pedro Miotto → 100 Usuarios
- Santa Anita → 80 Usuarios
- Vitarte → 80 Usuarios
- San Juan → 50 Usuarios
- Miraflores → 40 Usuarios

- La Victoria → 40 Usuarios
- Chorrillos → 30 Usuarios
- Chosica → 20 Usuario
- San Bartolo → 20 Usuarios
- Villa María → 5 Usuarios

1.6 Servicios Ofrecidos a los Usuarios

Correo Electrónico Corporativo

El servicio de correo electrónico se encuentra centralizado entre los locales de Chacarilla y San Isidro, utilizándose Microsoft Exchange.

Servicios de Base de Datos

La Base de Datos Corporativa se encuentra replicada entre los locales de Chacarilla y San Isidro.

Servidores de Archivos

Se ofrecen servidores de archivos de propósito general para compartir archivos entre grupos de usuarios.

Respaldo de Información de Usuarios

El respaldo de la información de los usuarios se brindan a través de servidores de archivos destinados exclusivamente a este propósito.

Servicios WEB

Intranet Corporativa, Portal de Información, Aplicaciones Web que interactúan con las Bases de Datos.

Servicios DNS, DHCP

Servicio de resolución de nombres interno, así como asignación dinámica de direcciones de red para mejor administración.

Servicio de Internet

Acceso a Internet a través de dos ISP, con la última milla en el local de San Isidro

Servicios de Video Vigilancia Remota

Transporte de información de videos a través de la red.

1.7 Aplicaciones entre Servidores**Servicios de Respaldo de Información**

Este servicio es el que tiene mayor consumo del ancho de banda de la red, ya que la información respaldada viaja desde los diferentes locales hasta los nodos centrales de Chacarilla y San Isidro.

Sincronización de Bases de Datos

Réplica de las bases de datos entre los servidores ubicados en los dos nodos principales, para su alta disponibilidad.

Sincronización de Correos

Réplica de la información almacenada en los servidores de correo para su alta disponibilidad.

Espejos entre servidores departamentales

Réplica en tiempo real de la información de los servidores departamentales hacia servidores de contingencia.

Réplicas

Replicación de los nuevos programas desarrollados a todos los servidores que ofrecen servicio de Servidor de Archivos.

Sistema de Archivos de Sistema a través de la red

Este servicio se brinda mediante el protocolo NFS para mantener la información distribuida en tiempo real entre los principales servidores, sin necesidad de agregar

dispositivos de almacenamiento a mas de un servidor cuando requieren tener la misma información que otro servidor almacena.

1.8 Cálculo del Tráfico Promedio en cada Local

La idea es tener los principales recursos de manera local en las redes LAN pertenecientes a cada local de tal forma que se independiza los principales servicios por local (DNS, DHCP, Servidor de Archivos, Base de Datos). Bajo este planteamiento se contaría con por lo menos un servidor en cada uno de los locales con alrededor 10GB de información.

El tráfico más fuerte se generará cuando se realice el respaldo de la información, ya que se debe copiar toda la data hacia los nodos centrales para ser resguardada. Estos procesos se realizan en horas fuera de oficina, así que deben durar en promedio 10 horas.

Entonces tenemos:

Cantidad de Data a ser respaldada: 10Gbytes $\approx 8 \cdot 10^{10}$ bits

Tiempo Promedio del respaldo: 10 horas = 36000 segundos

De una simple división tenemos que por lo menos debemos contar con enlaces de 2Mbps netos de información, independientemente de la arquitectura que se escoja.

Con este criterio podemos darnos cuenta que por ejemplo, un correo electrónico o un archivo de 20Mbytes tomará alrededor de 1minuto 20 segundos en ser transferido.

Además tendremos que tener en cuenta que algunos locales servirán como nodos intermedios para otros por lo que sus enlaces con los nodos centrales deberán soportar el doble o triple del tráfico normal, dependiendo de cuantos se conecten a estos.

Además deberemos tener en cuenta que estos enlaces sólo se usarán para transmisión de datos no susceptibles al retardo, es decir que no se transmitirán señales de voz ni video, gracias a que los enlaces para telefonía son independientes.

1.9 Infraestructura de Comunicaciones Iniciales

Al inicio de la implementación de la red de datos, sólo se tenía enlaces inalámbricos de baja velocidad, desde 128Kbps hasta 2Mbps.

- Enlaces entre Villamaría del Triunfo y Pedro Miotto – 128 Kbps
- Enlaces entre Chorrillos y San Isidro – 128 Kbps
- Enlaces entre Miraflores y San Isidro – 256 Kbps
- Enlaces entre San Isidro y La Victoria – 128Kbps
- Enlace entre San Isidro y Chacarilla – 1 E1
- Enlace entre Vitarte y Chosica – 256 Kbps
- Enlace entre San Isidro y Vitarte – 512 Kbps
- Enlace entre Santa Anita y San Isidro – 512 Kbps

CAPITULO II

PRINCIPALES TECNOLOGÍAS PARA LA INTERCONEXION WAN

2.1 Tecnologías para Enlaces de Alta Velocidad

El principal objetivo es interconectar las redes LAN de cada local, y como la gran mayoría de estas redes, se tratan de redes que tienen como protocolo de la capa de enlace al protocolo Ethernet y protocolo de capa de red al protocolo IP, así que debemos analizar las opciones que se tiene para convertir los datos de estos protocolos a protocolos de redes WAN. Además debemos tener en cuenta que no se transmitirá señales de voz ni video a través de la red dado que no es una de las necesidades, como se mencionó en el capítulo anterior.

Entre las tecnologías para enlaces WAN de alta velocidad que realizan conmutación de paquetes se tuvo:

- ATM
- Gigabit Ethernet

2.1.1 ATM

El Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) ofrece una tecnología de conmutación orientada a la conexión, que usa conexiones dedicadas para manejar eficientemente flujos de datos de alta velocidad como aplicaciones de audio y video, así como ráfagas de datos provenientes de equipos terminales.

ATM utiliza células de 53 bytes de tamaño, estandarizado para transmitir información digital sobre rangos de velocidad de hasta 622Mbps.

El intercalamiento de células de 53 bytes en una multiplexación estadística utiliza de manera más efectiva los recursos de ancho de banda de la red comparado con redes de paquetes convencionales que utilizan tramas de distintos tamaños.

ATM provee una infraestructura multiservicio que se usa para extender la red con equipos de conmutación en el núcleo y dispositivos de borde para los extremos de la red.

ATM provee la característica de Calidad de Servicio (QoS) la cual garantiza que cada aplicación tendrá un acceso específico a los recursos de la red, de tal manera que aplicaciones de video y voz se manejarán eficientemente, mientras que las aplicaciones de ráfagas de data tendrán otra QoS.

Las redes ATM se basan en la conmutación de células a nivel de hardware, lo cual no es muy complejo, a diferencia de las redes IP que se basan en el enrutamiento, lo que implica que se debe despaquetizar, analizar y repaquetizar la data.

a) Funciones y Componentes de una Red ATM.

La figura 2.1 muestra una Red ATM básica.

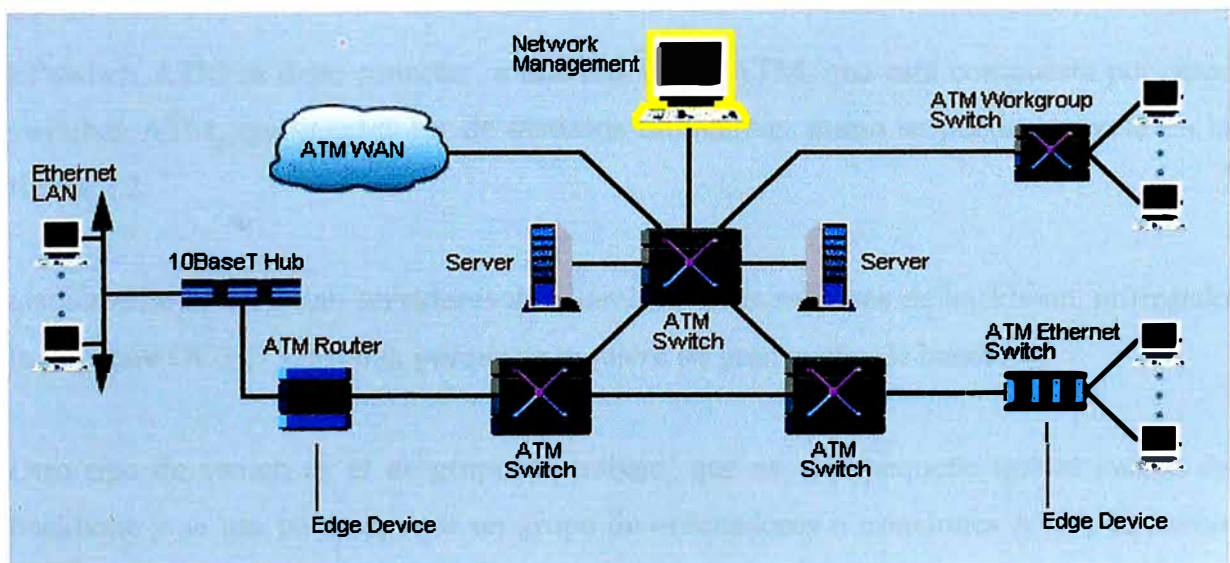


Fig. 3.1 Red ATM

El núcleo de la red ATM es el backbone ATM que consiste en lo siguiente:

- Switches ATM
- Enlaces del backbone ATM

Los switches ATM son grandes dispositivos diseñados para manejar el más alto nivel de tráfico, estos switches son rápidos y proveen múltiples interfaces para la conmutación de células sobre varias conexiones virtuales.

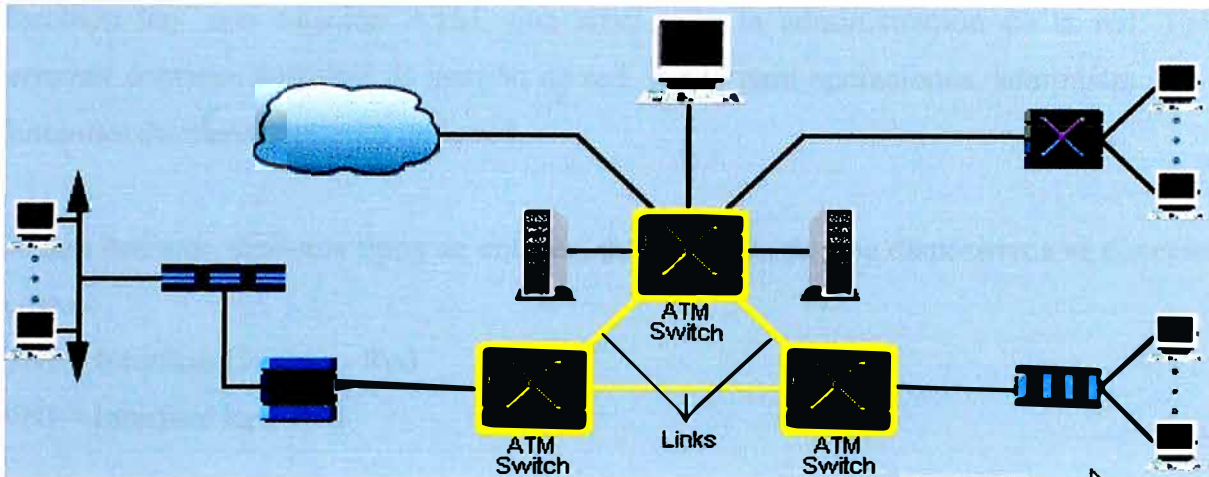


Fig. 2.2 Backbone de una Red ATM

Los enlaces entre los switches ATM usualmente son de Fibra Óptica. La tasa de transmisión sobre estos enlaces usualmente es de 622Mbps.

El switch ATM se debe conectar a una red WAN ATM, que está compuesta por otros switches ATM, que pueden ser de distintos fabricantes, como se puede observar en la figura 2.2.

Usualmente se conectan servidores directamente a los switches de backbone, utilizando la interfase OC3 (155Mbps), porque se requiere de gran ancho de banda.

Otro tipo de switch es el de grupo de trabajo, que es mas pequeño que el switch de backbone y se usa para soportar un grupo de ordenadores o estaciones ATM. El ancho de banda definido para cada estación es de 25Mbps.

Otro componente es el switch ATM-ethernet, que realiza el intercambio de tramas ethernet a celdas ATM. También es llamado dispositivo de borde ATM. Por medio de

este dispositivo, la red ATM resulta transparente para los terminales Ethernet, por lo que pueden acceder directamente por ejemplo a los servidores. El enlace que usan para conectarse con el backbone es OC3 (155Mbps).

Otro componente es el ATM router, que es una interfase entre la red ethernet y la red ATM, realizando las funciones de un router convencional.

También hay una estación ATM, que sirve para la administración de la red. Este terminal contiene software de gestión de red, usado para operaciones, administración y funciones de mantenimiento de la red.

Se han definido distintos tipos de enlaces, dependiendo de que dispositivos se conecten a estos:

UNI = Interfase Usuario - Red

NNI = Interfase Red-Red

- Private UNI: Es la interfase entre los dispositivos finales ATM y los switches de backbone
- Private NNI: Es la interfase entre dos switches de backbone ATM
- Public UNI : Es la interfase entre la Red Pública ATM (WAN), y un switch del backbone ATM
- Public NNI : Es la interfase entre los switches pertenecientes a la red pública ATM (WAN)

b) Cables y Conexiones

La figura 2.3 muestra las principales conexiones entre los componentes de una red ATM.

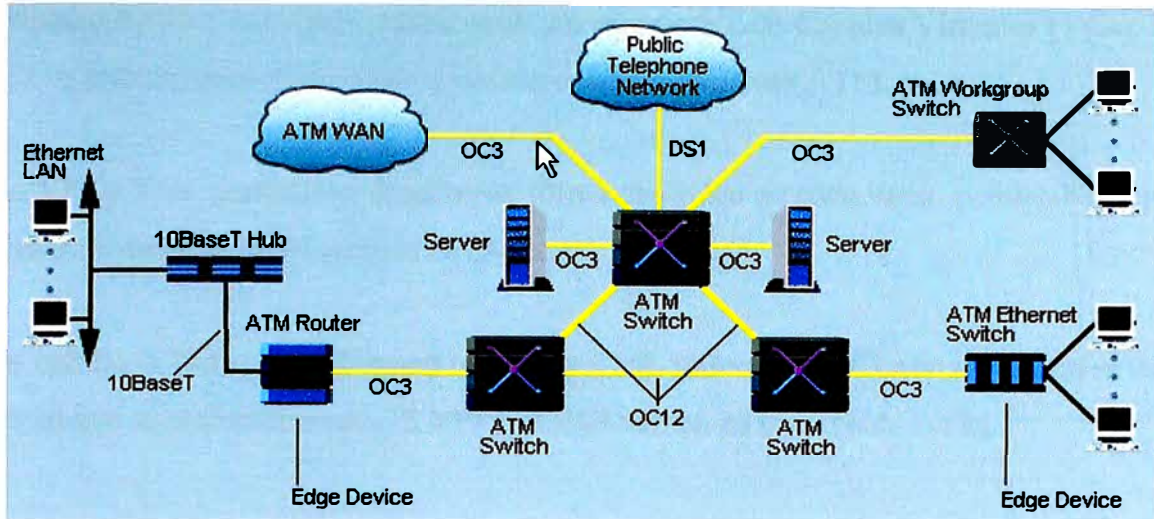


Fig. 2.3 Tipos de conexiones en una red ATM

Las redes ATM utilizan cables de fibra óptica, y cables de cobre apantallados, empleando la multiplexación para transmitir varias señales al mismo tiempo.

La multiplexación ofrece múltiples trayectos dentro de un enlace para transmitir múltiples señales entre los dispositivos al mismo tiempo. Estos trayectos (path) son llamados Virtual Paths (VPs). Los switches ATM dividen de manera lógica el cable en múltiples vías como muestra la figura 2.4.

Los VPs se levantan cuando se configura la red ATM. Cada célula ATM que viaja por un enlace posee un VPI, que es un identificador del VP que está usando. Los switches ATM utilizan el VPI para determinar el camino a seguir de la célula.

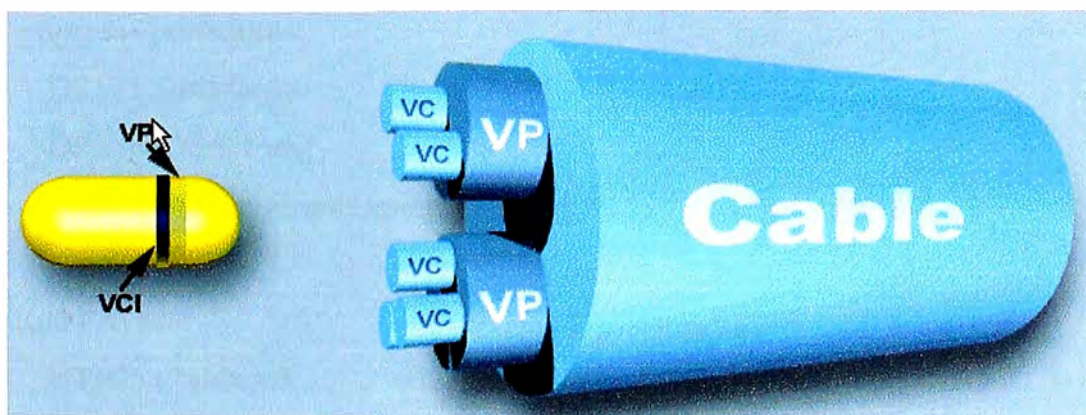


Fig. 2.4 Esquema de la división lógica de un conector de red ATM

Después, ATM divide cada virtual path en un número de Canales Virtuales (VCs). Los VCs se utilizan para manejar la conexión entre dispositivos ATM.

Los VPs y VCs pueden ser creados de forma dinámica en cada línea (UNI o NNI) para formar un circuito ATM extremo a extremo.

Las células ATM que conforman un enlace UNI, poseen un VCI que identifica al canal virtual que se está utilizando. El VPI y el VCI vienen en cada celda ATM.

Para la transmisión se han desarrollado varios estándares, pero dependen del medio físico a ser usado, esto se muestra en la figura 2.5.

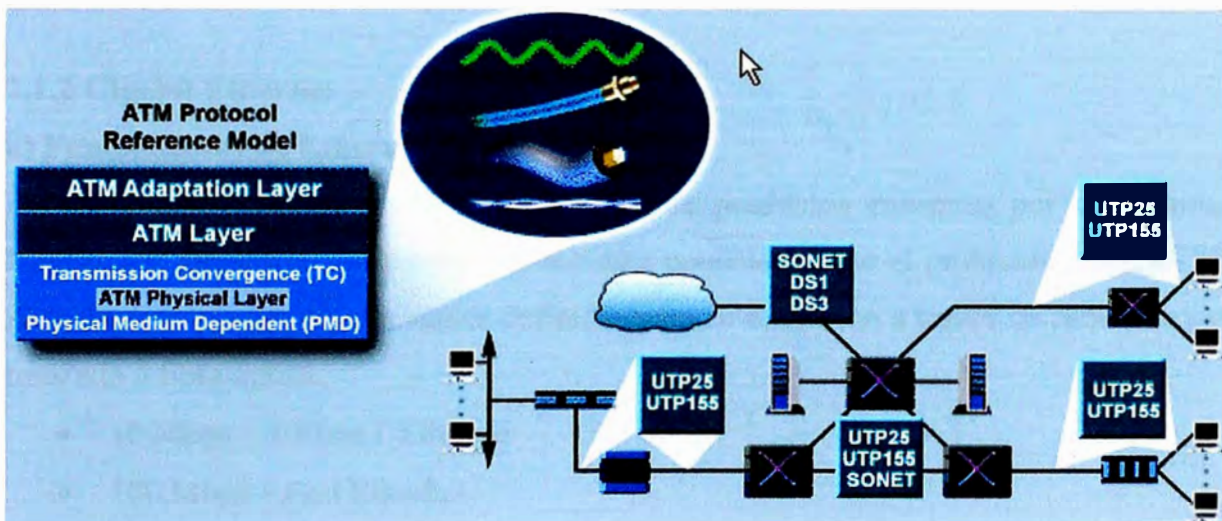


Fig. 2.5 Esquema de las interfaces físicas de una red ATM

Para empresas portadoras:

- DS1 (1.544Mbps)
- DS3 (44.736Mbps)
- SONET (Synchronus Optical Network)

Para Red Privada:

- UTP25 (25Mbps)
- STP (155Mbps)
- OC3 (155.520Mbps)
- OC12 (622.080 Mbps)

c) Células vs. Tramas

Las células ATM son la parte integral de la ventaja de la red ATM. Su tamaño de 53 bytes fijos ofrece varias mejoras respecto de unidades de datos de tamaños grandes y variables, como las tramas.

Las células ATM están compuestas por dos partes

- La cabecera de 5 bytes que contiene información de direcciones
- El payload de 48 bytes que contiene la información de usuario

Gracias a que las células tienen tamaño corto y fijo, la conmutación de estas es mucho más rápida que la de tramas de tamaño variable.

2.1.2 Gigabit Ethernet

a) Fundamentos de Ethernet

El término Ethernet se refiere a la familia de productos cubiertos por el estándar IEEE802.3, que define lo que es comúnmente conocido como el protocolo CSMA/CD. Actualmente existen 4 velocidades definidas para su operación a través de cables de par trenzado y fibra óptica.

- 10 Mbps – 10BaseT Ethernet
- 100 Mbps – Fast Ethernet
- 1000 Mbps - Gigabit Ethernet
- 10 Gbps – 10Gigabit Ethernet

b) Breve Historia

Ethernet fue desarrollada como una red experimental con cable coaxial en los años 70 por Xerox Corporation para operar a 3Mbps usando el protocolo de acceso múltiple por censado de portadora y detección de colisiones para LAN con esporádicos requerimientos de tráfico. Debido al éxito del proyecto, en 1980 fue desarrollada la versión 1.0 de 10Mbps Ethernet por el consorcio de 3 empresas: Digital Equipment Corporation, Intel Corporation y Xerox Corporation.

El estándar IEEE802.3 fue basado en la especificación de la Versión 1.0 de Ethernet. El borrador del estándar fue aprobado por el grupo de trabajo de 802.3 en 1983 y fue subsecuentemente publicado como un estándar oficial en 1985 (ANSI/IEEE Std. 802.3-1985). Desde entonces, varios estándares suplementarios han sido de finidos de acuerdo a los avances de la tecnología.

c) Elementos de una Red Ethernet

Las redes ethernet consisten de nodos de red y medios de interconexión. Los nodos se pueden clasificar como:

- **Equipo Terminal de Datos (DTE):** Dispositivos que pueden ser la fuente o el destino de las tramas. Los equipos DTE usualmente vienen a ser los ordenadores, estaciones de trabajo, servidores o impresoras, que son conocidos también como estaciones finales.
- **Equipo de Comunicación de Datos (DCE):** Dispositivos intermedio de la red que reciben y envían las tramas. Los equipos DCE son equipos estacionarios como repetidores, switches de red y routers.

Actualmente, los medios para transmitir tramas ethernet incluyen 2 tipos generales de cable: par trenzado de cobre sin apantallar (UTP) y par trenzado de cobre apantallado (STP), mas diferentes tipos de fibra óptica.

d) Relación Lógica entre el Estándar IEEE802.3 y el modelo OSI

La figura 2.6 muestra las capas lógicas del estándar IEEE802.3 y su relación con el modelo OSI. La capa de enlace de OSI es dividido en 2 sub capas, la sub capa de Control de Acceso al Medio (MAC) y la sub capa cliente MAC. La capa física de IEEE802.3 corresponde a la capa física de OSI.

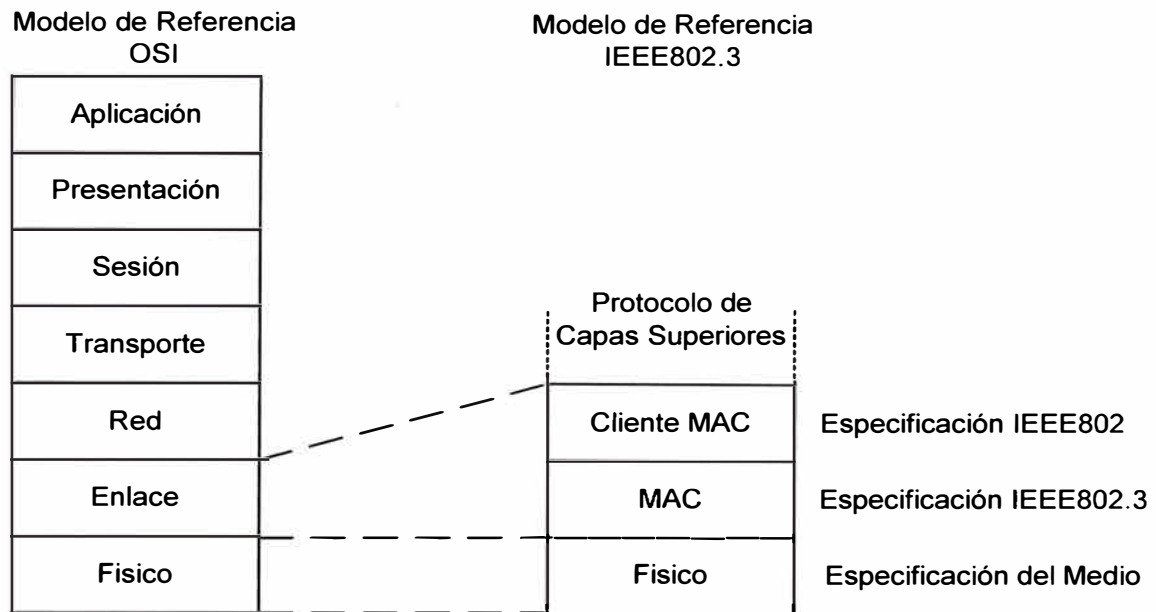


Fig. 2.6 Relación lógica entre el modelo de referencia OSI y Ethernet

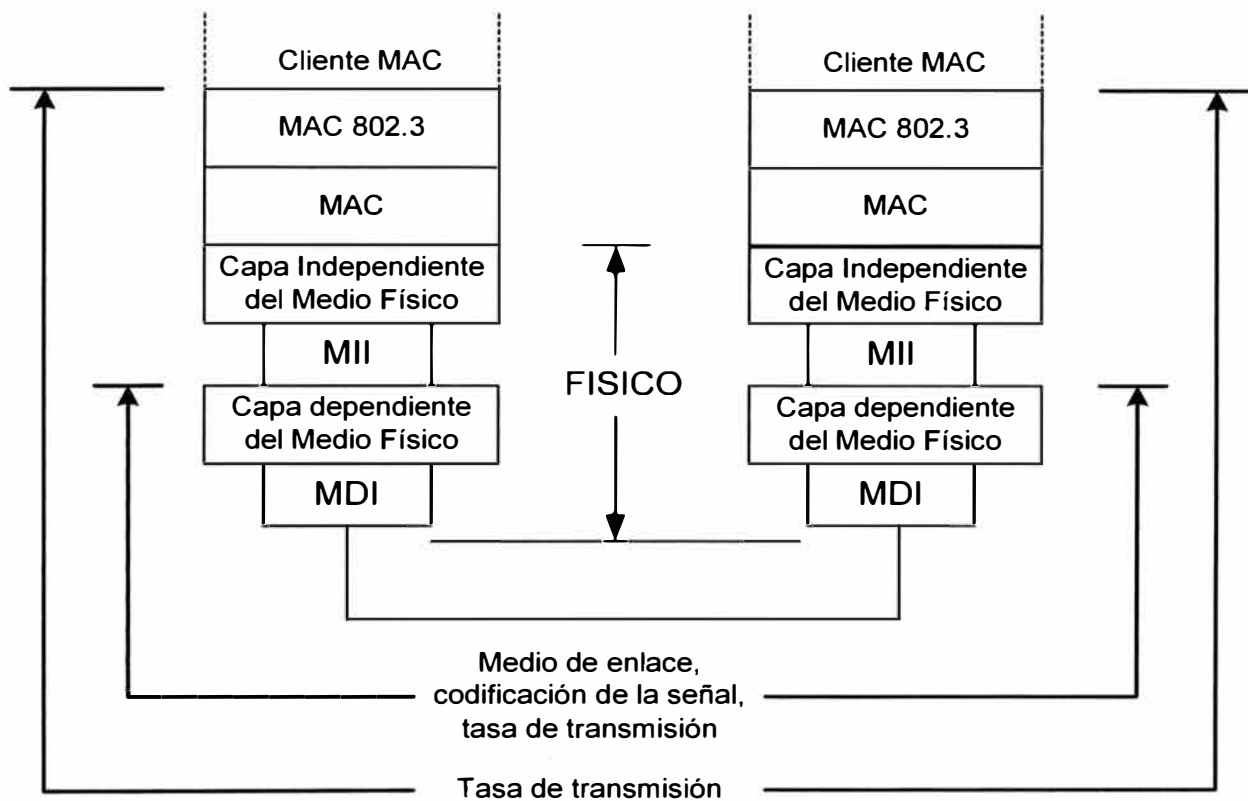
La sub capa cliente MAC puede ser cualquiera de las siguientes:

- **Control Lógico de Enlace (LLC)**, si la unidad es DTE. Esta subcapa provee la interfase entre la MAC Ethernet y las capas superiores en el conjunto de protocolos de la estación final. La sub capa LLC está definida en los estándares de IEEE802.2.
- **Entidad Puente**, si la unidad es DCE. Las entidades puente proveen interfaces Red a Red entre las redes que usan el mismo protocolo (por ejemplo Ethernet a Ethernet) así como entre distintos protocolos (por ejemplo Ethernet a Token Ring). Las entidades puente están definidas en el estándar IEEE802.1.

La figura 2.7 muestra los diferentes requerimientos de compatibilidad impuestos por la capa física y la sub capa MAC para la comunicación sobre un enlace Ethernet.

La capa MAC controla el acceso de los nodos a la red y es específico para cada protocolo. Todas las MAC IEEE802.3 deben cumplir con los mismos requerimientos lógicos, a pesar de que ellos pueden incluir uno o más extensiones opcionales al protocolo. El único requerimiento para la comunicación entre dos nodos de red es que ambas MAC soporten la misma velocidad de transmisión.

La capa física 802.3 es específica para cada velocidad de transmisión, codificación de señal, y tipo de medio físico para interconectar los nodos. Así por ejemplo, Gigabit Ethernet está definido para operar sobre par trenzado o fibra óptica, pero cada tipo de cable o codificación de señal requiere de distinto tipo de implementación de capa física.



MII: Interfase Independiente del Medio
MDI: Interfase Dependiente del Medio

Fig. 2.7 Compatibilidad entre la capa física y la sub capa MAC

e) La sub capa MAC de Ethernet

La sub capa MAC tiene dos funciones principales:

- Encapsulamiento de los Datos, incluyendo ensamblamiento de la trama antes de transmitir y chequeo de errores después de la recepción.
- Control de Acceso al Medio, incluyendo inicialización de la trama y recuperación ante una falla en la transmisión.

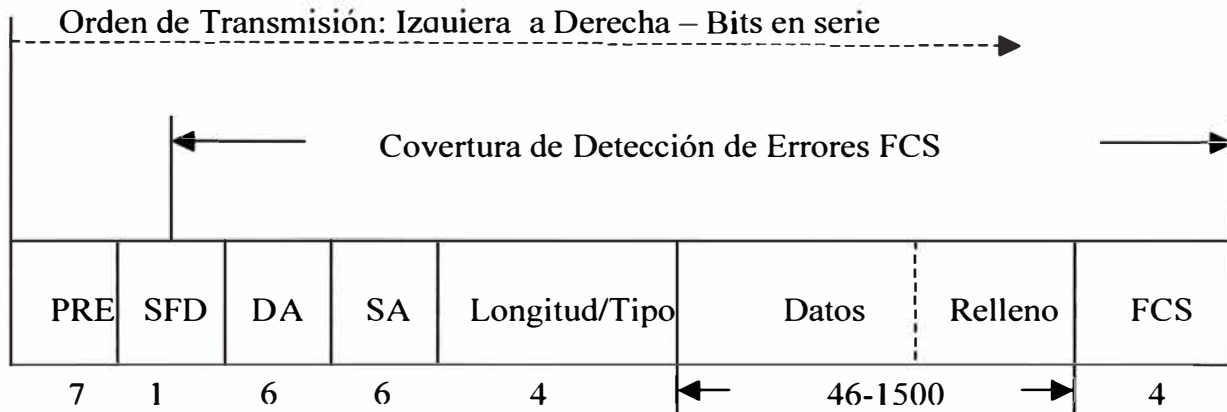
f) Formato básico de una trama Ethernet

El estándar IEEE802.3 define el formato básico de una trama que es requerido por todas las implementaciones MAC, mas varios formatos adicionales que son usados para

extender las capacidades del protocolo. El formato básico tiene 7 campos mostrados en la figura 2.8

- **Preámbulo (PRE):** Consiste de 7 bytes. El PRE es un patrón alternado de unos y ceros que indica a las estaciones receptoras que una trama esta viniendo, además se usa para la sincronización de la etapa de recepción de la capa física con el flujo de bits entrantes.
- **Delimitador de inicio de trama (SOF):** Consiste de un byte. SOF es un patrón alternado de unos y ceros, terminado en 2 bits 1 consecutivos indicando que el siguiente bit es el bit más a la izquierda del byte más a la izquierda de la dirección de destino.
- **Dirección de destino (DA):** Consiste de 6 bytes. El campo DA identifica que estación debería recibir la trama. El bit mas a la izquierda del campo DA indica si la dirección es individual (bit igual a cero) o grupal (bit igual a uno). El segundo bit indica si la DA es administrado globalmente (bit igual a cero) o localmente (bit igual a uno). Los 46 bit restantes son valores únicamente asignados que identifican una estación, un grupo de estaciones definidas o todas las estaciones de la red.
- **Dirección de origen (SD):** Consiste de 6 bytes. El campo SA identifica a la estación emisora. El SA siempre es una dirección individual, el bit mas a la izquierda es siempre cero.
- **Longitud/Tipo:** Consiste de 2 bytes. Este campo indica el número de bytes de los datos del cliente MAC que están contenidos en el campo de datos de la trama, o el tipo de trama si es que la trama ha sido ensamblada utilizando un formato opcional. Si el valor de este campo es menor o igual que 1500, la cantidad de bytes del campo de datos es igual a este. Si el valor de este campo es mayor que 1500, la trama es de tipo opcional, y éste valor vendrá a identificar el tipo particular de trama que se envía o recibe.
- **Datos:** Es una secuencia de “n” bytes de cualquier valor, donde n es menor o igual a 1500. Si la longitud del campo de datos es menor que 46, este deberá ser extendido agregando un relleno para completar los 46 bytes.
- **Secuencia de verificación de trama (FCS):** Consiste de 4 bytes. Esta secuencia contiene un valor de chequeo de redundancia cíclica (CRC), el cual es creado

por el emisor, y recalculado por el receptor para verificar daños en la trama. El FCS es generado sobre los campos DA, SA, Longitud/Tipo, y Datos.



Longitud de los campos en Bytes

PRE = Preámbulo

SFD = Delimitador de Inicio de Trama

DA = Dirección de Destino

SA = Dirección de Origen

FCS = Secuencia de Verificación de Trama

Fig. 2.8 Formato básico de una trama Ethernet

g) Transmisión de tramas

Cada que la capa MAC de una estación final recibe una solicitud de transmisión de trama por parte de la subcapa LLC, acompañada de la dirección y los datos, la MAC comienza la secuencia de transmisión transfiriendo la información de la subcapa LLC al buffer de la trama MAC.

- El preámbulo y el delimitador de inicio son insertados en los campos PRE y SFD respectivamente
- Las direcciones de destino y origen son insertados en sus correspondientes campos.
- Se cuenta la cantidad de bytes del LLC, y se inserta esta cantidad en el campo Longitud/Tipo
- Los datos del campo LLC son insertados en el campo datos de la trama. Si el número de bytes del LLC es menor que 46 se agrega el relleno para completar el campo.

- El valor FCS es generado sobre los campos de dirección, longitud/tipo y datos, luego este valor es agregado al final del campo de datos.

Después que la trama es ensamblada, la transmisión dependerá si la MAC está operando en modo half duplex o full duplex.

El estándar IEEE802.3 actualmente requiere que todas las MAC Ethernet soporten operación half duplex, en la cual la MAC puede transmitir o recibir, pero no puede hacer ambas cosas simultáneamente. Full duplex es una capacidad opcional de MAC que permite transmitir y recibir al mismo tiempo.

h) Transmisión half-duplex – el método de acceso CSMA/CD

El protocolo CSMA/CD fue desarrollado originalmente bajo la idea de que dos o más estaciones podrían compartir un medio en común en un ambiente sin conmutadores cuando el protocolo no necesitaba de control centralizado, tokens de acceso o asignación de intervalos de tiempo para saber cuando una estación podía transmitir.

Cada MAC Ethernet determina por si mismo cuando puede enviar una trama.

Las reglas de acceso de CSMA/CD están resumidas en el acrónimo del protocolo:

- Censado de Portadora: Cada estación continuamente escucha el tráfico en el medio para determinar cuando ocurre un vacío entre la transmisión de tramas.
- Acceso Múltiple: Las estaciones pueden empezar a transmitir en cualquier momento que detecten que no hay tráfico en la red.
- Detección de Colisiones: Si dos o más estaciones en la misma red (dominio de colisión) empiezan a transmitir aproximadamente al mismo tiempo, los flujos de bits de las estaciones trasmisoras se interferirán una con otra, y ambas transmisiones serán ilegibles. Si esto ocurre, cada estación transmisora debe ser capaz de detectar que ha ocurrido la colisión antes de terminar de enviar su trama.

El peor caso ocurre cuando 2 de las estaciones mas alejadas necesitan enviar una trama y cuando la segunda estación no empieza a transmitir sino hasta justo antes que la trama de la primera estación llegue, la colisión será detectada inmediatamente por la segunda

estación, pero no será detectada por la primera hasta que la señal corrompida llegue a retornar a si misma. El máximo tiempo requerido para detectar una colisión es aproximadamente igual a 2 veces el tiempo de propagación de la señal entre 2 estaciones más distantes en la red.

Esto significa que la longitud mínima de la trama y el máximo diámetro de colisión están relacionados directamente con el intervalo de tiempo.

El objetivo es reducir al mínimo el impacto de la recuperación de una colisión y hacer lo mas extensa posible una red. El problema consistía en definir el mínimo tamaño de una trama para un máximo diámetro de colisión, de tal manera que se pueda detectar la colisión.

Así para 10Mbps Ethernet, se definió como máxima longitud entre 2 estaciones 2500 metros, pero para Fast Ethernet se redujo en alrededor diez veces (200 metros) ya que el tiempo en recorrer el diámetro de colisión inicial se había reducido a la décima parte que con 10Mbps.

Para Gigabit Ethernet se iba a reducir nuevamente en un factor de diez, es decir a 20 metros lo cual no resultaba práctico, así que se prefirió elegir bits de relleno al final de la trama ethernet para aumentar de manera aparente la mínima longitud de cada trama, como se puede observar en la figura 2.9.

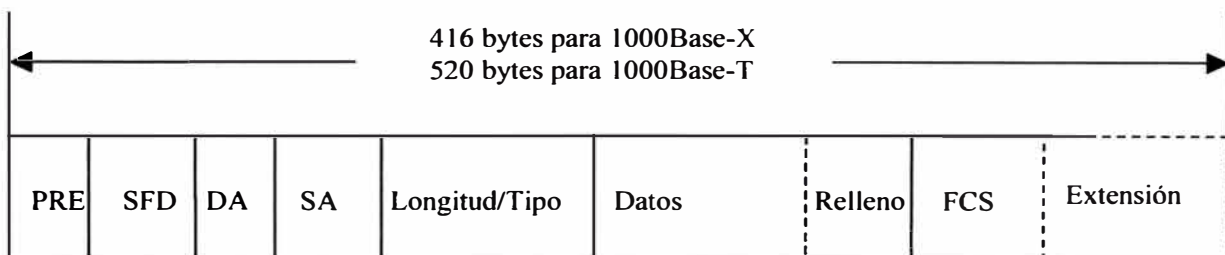


Fig. 2.9 Formato de una trama Gigabit Ethernet

El campo extensión es extraído automáticamente durante la recepción.

La tabla N° 2. muestra los parámetros máximos para la transmisión del protocolo Ethernet.

Otro cambio a la especificación de transmisión CSMA/CD fue la adición de la ráfaga de la trama para la operación en Gigabit. El modo ráfaga es una operación que permite

enviar a la capa MAC secuencias cortas de tramas aproximadamente igual a 5.4 veces la máxima longitud sin retomar el control del medio. La MAC que está transmitiendo llena cada espacio entre las tramas con bits de extensión, de tal manera que el resto de estaciones verán ocupado al medio.

Tabla N° 2.1 Límites de la operación half duplex

Parámetro	10Mbps	100Mbps	1000Mbps
Tamaño mínimo de la trama	64 bytes	64bytes	520bytes (incluyendo la extensión)
Máximo diámetro de colisión	100 metros	100 metros UTP 412 metros fibra	100 metros UTP 316 metros fibra
Máximo diámetro de colisión con repetidores	2500 metros	205 metros	200 metros
Máximo número de repetidores	5	2	1

i) Transmisión full-duplex

La operación full duplex es una capacidad opcional de MAC que permite transmisión simultánea en ambas direcciones sobre enlaces punto a punto. La transmisión full duplex es funcionalmente mas simple que half duplex porque no implica colisiones, no retransmisiones y no hay necesidad de agregar bit de extensión al final de las tramas pequeñas.

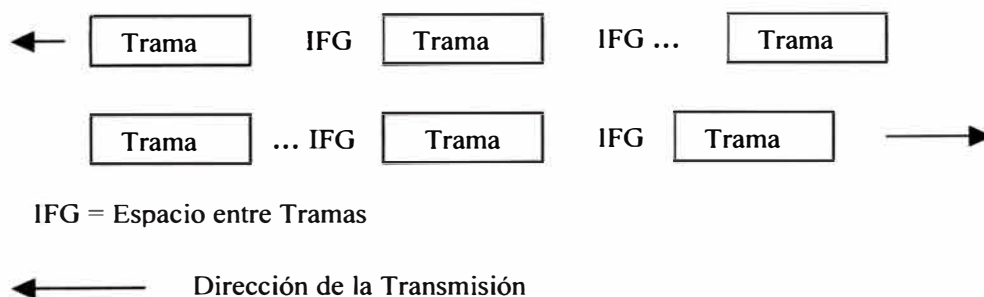


Fig. 2.10 Transmisión full duplex en Gigabit Ethernet

La transmisión se puede iniciar tan pronto como las tramas están listas para ser enviadas. La única restricción es que debe haber un vacío mínimo entre las tramas (IFG) como se muestra en la figura 2.10.

j) Control de flujo

La operación full duplex requiere de la implementación de control de flujo de tal manera que un nodo receptor pueda solicitar que no se envíe tramas por un corto periodo de tiempo cuando está siendo congestionado. El control es MAC a MAC a través del uso de una trama de pausa que es generada automáticamente por la MAC receptora. Si la congestión termina antes de que el tiempo de pausa ha expirado, se puede enviar una segunda petición de pausa, pero con el tiempo de pausa igual a cero, de tal manera que se continúa con la transmisión. Este proceso se puede observar en la figura 2.11.

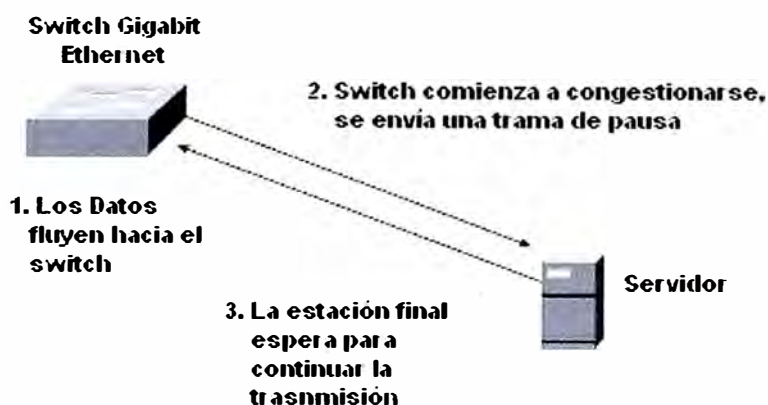


Fig. 2.11 Control de flujo de Ethernet

k) Recepción de tramas

La recepción de tramas es el mismo para ambos casos, half duplex y full duplex, excepto que full duplex tiene que separar buffer de trama y rutas de datos para la transmisión y recepción simultánea.

La recepción de tramas es un proceso inverso al de transmisión. La dirección de destino es revisada y contrastada contra la lista de direcciones de la estación (la dirección MAC, la dirección de grupo o la dirección de difusión) para determinar si la trama está destinada a esa estación. Si alguna dirección es encontrada, se revisa la longitud de la trama y su FCS se compara con el FCS generado localmente durante la recepción. Si la longitud es correcta y los valores de FCS coinciden, se determina el tipo de trama de acuerdo al campo longitud/tipo. Entonces la trama es tomada y enviada a las capas superiores.

I) La opción para etiqueta VLAN (Tagging)

VLAN Tagging es una opción de MAC que brinda tres importantes funcionalidades para los usuarios y administradores de redes ethernet.

- Permite priorizar el tráfico.
- Permite a las estaciones ser asignadas a grupos lógicos, para comunicarse a través de múltiples redes como si estuviesen en una sola red. Los switches y puentes filtran las direcciones de destino y reenvían las tramas solamente a los puertos que están incluidos en la VLAN.
- Simplifica la administración facilitando el trabajo de agregar, mover o cambiar estaciones a la red.

Una trama con el parámetro VLAN Tag es simplemente una trama MAC de datos básica que tiene insertado una cabecera de 4 bytes entre el campo dirección de origen y el campo Longitud/Tipo como se muestra en la figura 2.12

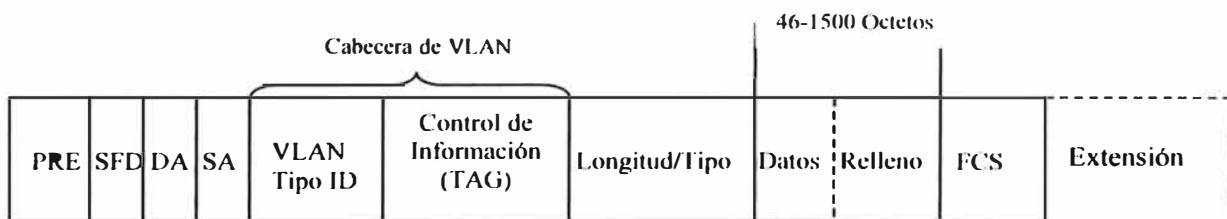


Fig. 2.12 Formato de una trama ethernet con el parámetro VLAN Tag

La cabecera de VLAN consiste de 2 campos

- Un valor reservado de 2 bytes indicando que la trama es de tipo VLAN.
- Una campo de control de 2 bytes que contiene la prioridad de transmisión (0 a 7, donde 7 es la mayor prioridad) y un identificador de VLAN (ID) que identifica a que VLAN pertenece la trama.

La MAC receptora lee el valor del tipo reservado, el cual está localizado en la posición normal del campo Longitud/Tipo e interpreta la trama recibida como una trama de VLAN. Entonces lo siguiente ocurre:

- Si la MAC es una estación final, remueve los 4 bytes de la cabecera VLAN y procesa la trama al igual que una trama básica.
- Si la MAC está instalada en un puerto de un switch, esta es reenviada de acuerdo al nivel de prioridad a todos los puertos que están asociados con el identificador de VLAN.

VLAN tagging requiere que todos los nodos de red incluidos en el grupo VLAN soporten la opción de VLAN.

II) La capa física Ethernet

Debido a que los dispositivos Ethernet trabajan en las 2 últimas capas del modelo OSI, vienen implementados como tarjetas de interfase de red (NIC) que se inserta en las tarjetas madre de los nodos.

A pesar de que el modelo lógico específico puede variar de versión en versión, todas las tarjetas Ethernet en general conforman el modelo mostrado en la figura 2.13

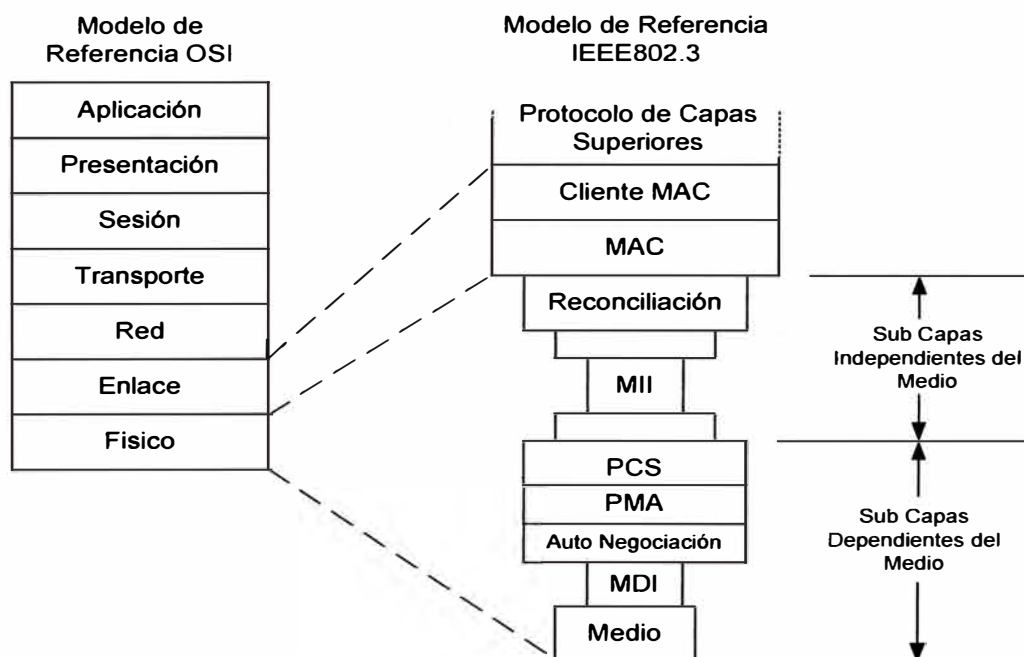


Fig. 2.13 Relación entre la capa física del modelo OSI y del estándar IEEE802.3

La capa física para cada velocidad de transmisión está dividida en subcapas que son independientes del medio y subcapas que dependen del medio o de la codificación de la señal.

- La subcapa de reconciliación y la interfase independiente del medio (MII para 10 y 100 Mbps, GMII para gigabit Ethernet) proveen la conexión lógica entre la MAC y los diferentes conjuntos de capas dependientes del medio. MII y GMII están definidos con diferentes caminos para la recepción y transmisión, que son en serie para implementaciones de 10Mbps, serie de cuartetos para 100Mbps y serie de bytes para 1000Mbps. Las interfases independientes del medio y la subcapa de reconciliación son comunes para sus respectivas tasas de transmisión y están configuradas para operación en full duplex en 10Base-T y todas las subsecuentes versiones de Ethernet.
- La subcapa de codificación (PCS) provee la lógica para la codificación, multiplexación y sincronización del flujo de símbolos salientes así como el alineamiento del código de símbolos, demultiplexación y decodificación de los datos entrantes.
- La subcapa adjunta del medio físico (PMA) contiene las señales transmitidas y recibidas, así como la recuperación del reloj para el flujo de datos entrantes.
- La interfase dependiente del medio físico (MDI) es el conector entre los transceiver y el enlace.
- La subcapa de autonegociación permite a las NIC en cada final del enlace intercambiar información acerca de las capacidades individuales, negociar y seleccionar el modo de operación más favorable. La autonegociación es opcional en las primeras versiones de Ethernet, pero obligatoria en las más recientes.

Dependiendo del tipo de codificación de señal usado y como se configuran los enlaces, la PCS y la PMA serán capaces o no de soportar operaciones full-duplex.

m) 1000Mbps

El desarrollo del estándar de Gigabit Ethernet resultó en dos especificaciones primarias: 1000Base-T para cable UTP y 1000Base-X para cable STP, así como fibra óptica monomodo y multimodo. Las principales características son mostradas en la figura 2.14.

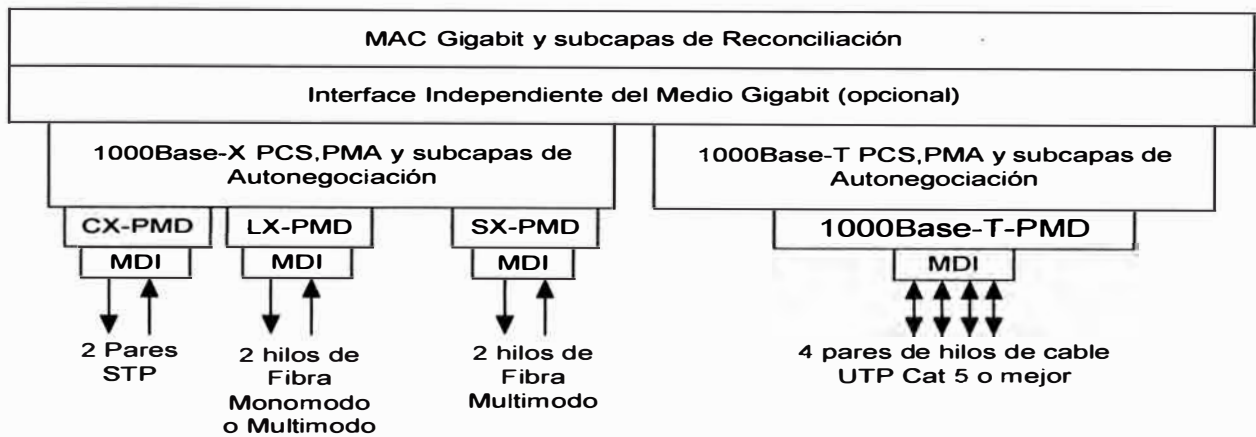


Fig. 2.14 Diagrama de las especificaciones para Gigabit Ethernet

n) 1000Base-T

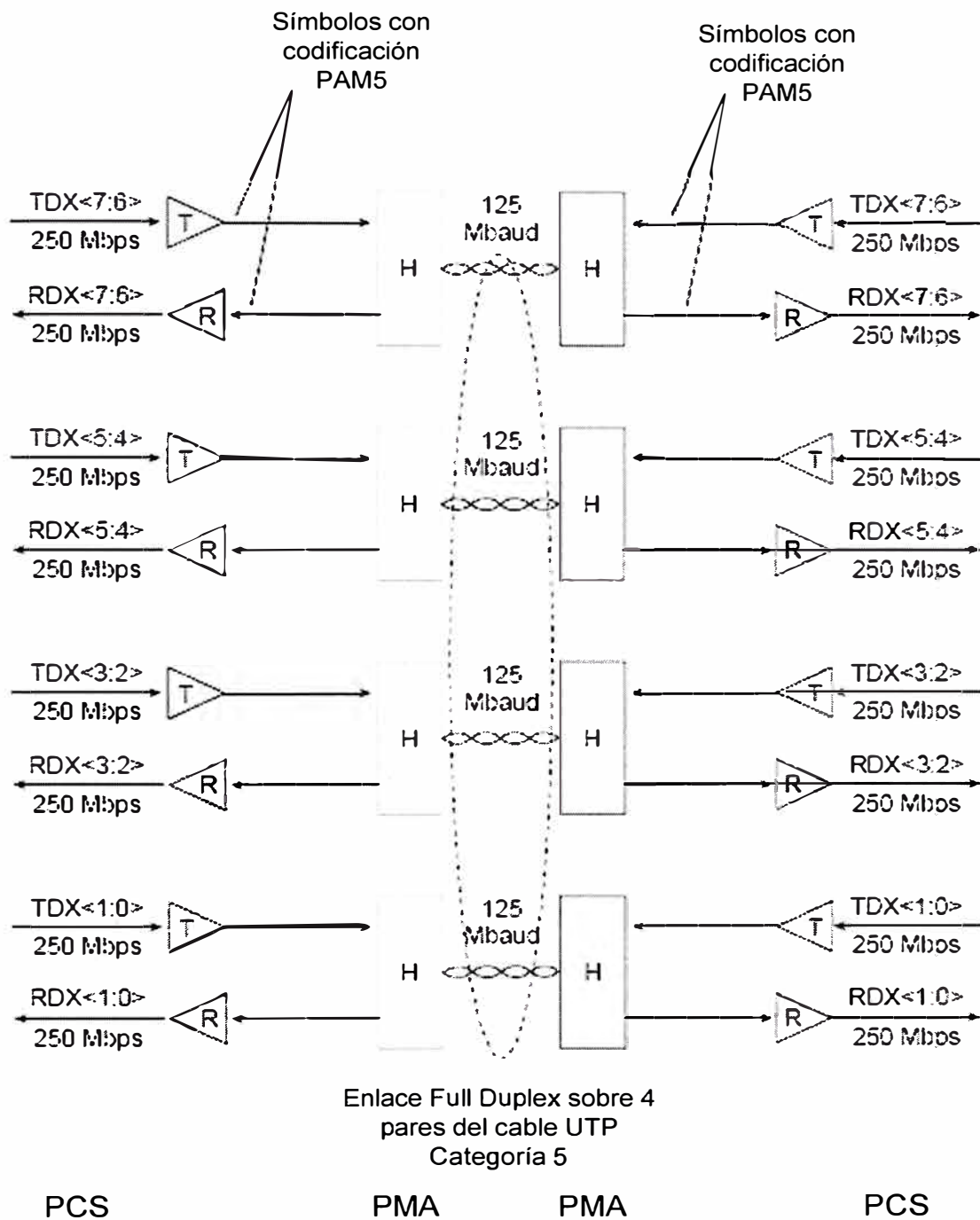
1000Base-T Ethernet brinda transmisión full-duplex sobre los cuatro pares del cable UTP de Categoría 5 o mayor. Está basado ampliamente en los estudios para las mejoras en implementaciones de la capa física de Fast Ethernet:

- 100Base-TX probó que los flujos de símbolos binarios podían ser transmitidos satisfactoriamente sobre cables UTP de Categoría 5 a 125Mbaudios
- 100Base-T4 brindó un entendimiento básico de los problemas relacionados a enviar señales multiniveles sobre 4 pares de hilos.
- 100Base-T2 demostró que la codificación PAM5 apoyada con el procesamiento digital de señales podría manejar 2 flujos de datos simultáneos así como las interferencias generadas por señales espurias o pares de cables adyacentes.

1000Base-T coloca cada byte en la trama MAC para generar aleatoriamente la secuencia de bits antes de ser codificado usando el algoritmo 4-D,8-State Trellis Forward Error Correction (FEC) en el cual 4 símbolos tipo PAM5 son enviados al mismo tiempo sobre 4 pares de cables. 4 de los 5 niveles en cada símbolo PAM5 representan 2 bits en cada byte de datos. El quinto nivel es usado para el código FEC, el cual mejora la recuperación de símbolos en presencia de ruido y diafonía. Moduladores y demoduladores separados en ambos puntos crean flujos de datos no correlacionados para cada par de flujos de símbolos que viajan en direcciones opuestas en cada par de cables.

La topología del enlace 1000Base-T es mostrado en la figura 2.15. El término “TDX<7:6>” indica los 2 bits mas significativos en el byte de datos antes de la

codificación para su transmisión. “RDX<7:6>” indica los mismo 2 bits después de su recepción y decodificación.



H = Transmisor Híbrido
T = Codificador de Transmisión
R = Decodificador de Recepción
4 símbolos PAM5 = Un Grupo 4D-PAM5

Fig. 3.15: Esquema de transmisión y recepción de 1000Base-T

La recuperación del reloj y los procedimientos de temporización maestro/ esclavo son esencialmente las mismas utilizadas en 100Base-T2 (ver figura 2.16). Cual NIC será el maestro y cual el esclavo es determinado durante la autonegociación.

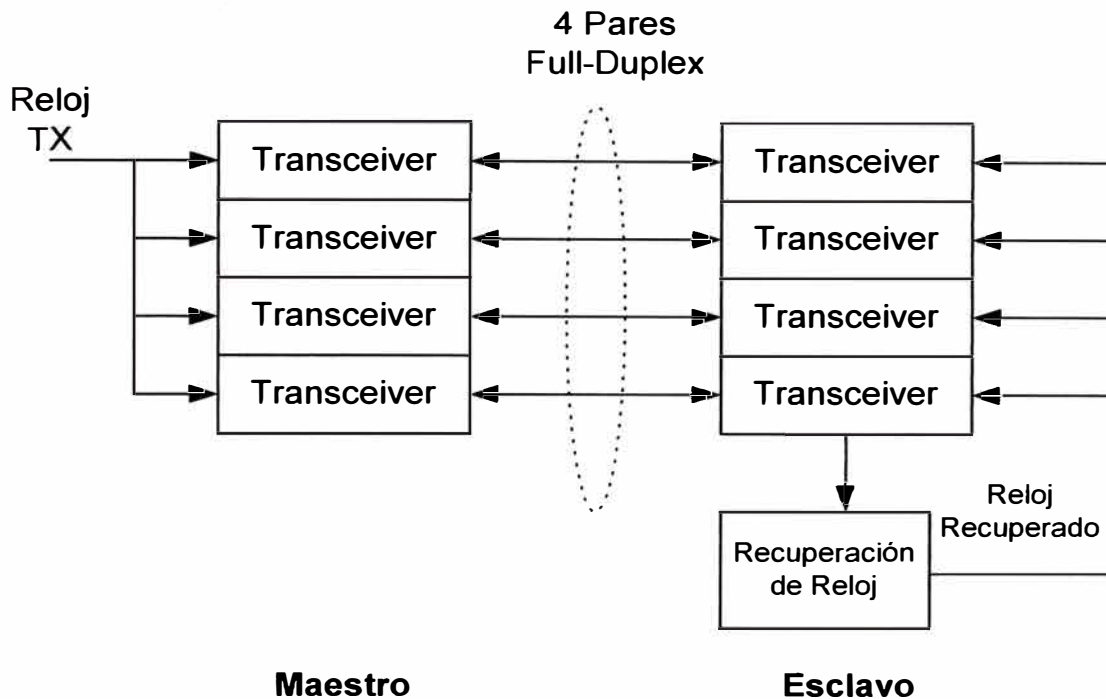


Fig. 2.16 Recuperación de reloj en 1000Base-T

Cada trama transmitida es encapsulada con los delimitadores de inicio de flujo y fin de flujo, y el lazo de temporización es mantenido por flujos continuos de símbolos “ociosos” enviados en cada par durante el vacío entre las tramas. 1000Base-T soporta ambos modos de operación, half duplex y full duplex.

o) 1000Base-X

Las tres versiones de 1000Base-X soportan transmisión binaria a 1250 Mbps sobre 2 hilos de fibra óptica o 2 cables STP, como se muestra en la figura 2.17. La codificación de la transmisión está basada en el esquema de Codificación ANSI Fiber Channel 8B/10B. Cada byte de datos (8 bits) es mapeado en un grupo de 10 bits para la transmisión en serie de bits. Como las versiones anteriores de Ethernet, cada trama es encapsulada en la capa física antes de su transmisión, y la sincronización del enlaces es mantenido enviando un flujo continuo de tramas “ociosas” durante los vacíos entre las tramas. Todas las versiones de 1000Base-X soportan ambos modos de operación, half duplex y full duplex.

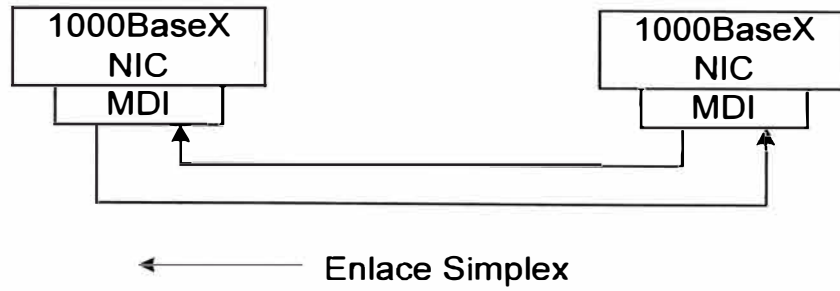


Fig. 2.17 1000Base-X

Las principales diferencias entre las versiones de 1000Base-X son el medio de enlace y los conectores que cada versión soportará, y la longitud de onda de la señal óptica, los cuales son mostrados en la tabla N° 2.2

Tabla N° 2.2 Características de las versiones de 1000Base-X

Configuración de Enlace	1000Base-CX	1000Base-SX (longitud de onda de 850 nm)	1000Base-LX (longitud de onda de 1300nm)
STP de 150Ω	Soportado	No soportado	No soportado
Fibra multimodo 125/62 μm	No soportado	Soportado	Soportado
Fibra multimodo 125/50 μm	No soportado	Soportado	Soportado
Fibra Monomodo 125/10 μm	No soportado	No soportado	Soportado
Conectores	Fiber Chanel tipo 2	SFF MT-RJ o SC Duplex	SFF MT-RJ o SC Duplex

p) Elección de los componentes y medio para 1000Base-X

A pesar que la tabla N° 2.2 muestra una considerable flexibilidad para escoger el tipo de enlace con 1000Base-x, se muestran algunas consideraciones más:

- Las NIC en ambos extremos deben ser de la misma versión de 1000Base-X (CX-LX o SX) y los conectores del enlace deben coincidir con el tipo de conectores de la NIC.
- La especificación de 1000Base-CX permite cualquiera de los dos conectores estilo 1 o 2, pero el 2 es preferido porque algunos del estilo 1 no son adecuados para operación a 1250Mbps. Los enlaces 1000Base-CX están orientados a ser patch-cords dentro de una sala de comunicaciones y están limitados a 25 metros.
- La especificación 1000Base-LX y 1000Base-SX permiten conectores SFF MT-RJ o SC duplex, pero el primero es preferido debido a que ocupa menor espacio.
- Los transceiver 1000Base-LX normalmente cuestan mas que los 1000Base-SX
- El rango máximo de operación para fibra óptica depende de la longitud de onda y el ancho de banda soportado por la fibra.

Tabla N° 2.3 Rangos máximos de operación para fibras ópticas comunes

Diámetro del Núcleo/Ancho de Banda	1000Base-SX (Longitud de Onda de 850nm)	1000Base-LX (Longitud de Onda de 1300nm)
Fibra Multimodo 62.5 μm (200/500) MHz.Km	275 metros	550 metros
Fibra Multimodo 50 μm (400/400) MHz.Km	500 metros	550 metros
Fibra Multimodo 50 μm (500/500) MHz.Km	550 metros	550 metros
Fibra Monomodo 10 μm	No soportado	5000 metros

Los rangos de operación mostrados en la tabla N° 2.3 están especificados en el estándar IEEE802.3. Sin embargo en la práctica el rango de operación máximo para los transceivers LX sobre fibra multimodo es de aproximadamente 700 metros, y algunos transceivers LX han sido calificados para soportar hasta 10000 metros sobre fibra monomodo.

CAPITULO III

CONFIGURACIÓN FÍSICA Y LÓGICA DE LA RED

3.1 Bosquejo de la solución utilizada

De acuerdo a la cantidad de tráfico esperado entre los principales locales, se requiere de un medio físico de gran ancho de banda, independientemente de la tecnología de los equipos a ser utilizados, siendo la fibra óptica la más adecuada para este propósito.

Para cubrir los requerimientos de líneas independientes para la interconexión de Redes de Datos, Centrales Telefónicas, almacenamiento remoto (SAN) y futuras necesidades, se extendió doce pares de hilos entre los locales de San Isidro y Chacarilla.

El siguiente paso fue escoger el tipo de tecnología a ser utilizada para la interconexión de la red de datos de los locales. El tema iba por el lado de cómo interconectar las redes LAN de cada local, se debía de escoger entre ATM y Ethernet. ATM brindaba varios beneficios básicamente sobre control de tráfico, pero estos beneficios no iban a ser explotados debido a que las aplicaciones utilizadas no requerían de calidad de servicio.

La principal ventaja que se tenía es que el tráfico de voz tenía su propio medio, independiente del tráfico de datos, así que no se iba a obtener mayor ventaja de ATM.

Otro punto negativo para ATM fue que se debía adquirir conversores de Ethernet a ATM. Además ATM tenía como máxima velocidad 622Mbps, mientras que Ethernet ya llegaba a 1000Mbps y no requería de interfaces especiales. Finalmente los costos de los equipos ATM eran mayores a los costos de los equipos Gigabit Ethernet, así que se escogió utilizar este último por brindar las mayores ventajas.

Para el caso de los locales con bajos requerimientos de tráfico y de excesivo costo de tendido de fibra, se aumentaron el ancho de banda de las microondas ya existentes y aprovechando el avance de la tecnología DSL, se utilizaron módems HDSL sobre los enlaces de par de cobre ya existentes también, enlazándolos a los locales que ya contaban con fibra.

Para el mejor uso de recursos y fácil administración, se decidió que la red de cada local formaría un solo dominio de colisión, así se evita el exceso de tráfico innecesario a través de los enlaces y permite conectar las redes a través de enlaces de contingencia en caso fallen los principales.

3.2 Enlace físicos.

La distribución de los locales de la empresa pueden ser observados en la figura 3.1 que ha sido obtenido de una foto satelital de la ciudad de Lima.



Fig. 3.1 Distribución de los locales de interconexión

3.2.1 Enlaces de fibra óptica

De acuerdo a la localización geográfica de los locales y del tráfico que cada enlace manejaría se realizó las siguientes interconexiones por medio de fibra:

- 12 Pares entre San Isidro y Chacarilla.
- 6 Pares entre San Isidro y Miraflores.
- 6 Pares entre San Isidro y La Victoria.
- 6 Pares entre Chacarilla y Pedro Miotto.
- 6 Pares entre Chacarilla y Santa Anita.
- 6 Pares entre Pedro Miotto y San Juan.
- 6 Pares entre Santa Anita y Vitarte.

3.2.2 Enlaces de microondas y cable de cobre

Para interconectar los locales más alejados y de menor utilización de red mejoraron se implementaron los siguientes enlaces:

- Enlace de Microondas a 2048 Mbps entre Pedro Miotto y San Bartolo.
- Enlace DSL a 2048 Mbps entre San Juan y Villamaría del Triunfo.
- Enlace de Microondas a 2048 Mbps entre Vitarte y Chosica.
- Enlace DSL a 1024 Mbps entre Miraflores y Chorrillos.

En el caso de Chorrillos resulta mas cercano enlazarlo con Pedro Miotto pero los accidentes geográficos no lo facilitan, y como ya se contaba con el enlace con par de cobre con Miraflores, se prefirió darle uso con módems DSL.

De acuerdo a los enlaces mencionados, tendríamos un diagrama de red como el mostrado en la figura 3.2

3.3 Equipos de core

Los equipos de core se encuentran en los locales de Chacarilla y San Isidro ya que estos manejan la mayor parte del tráfico.

Red de Datos

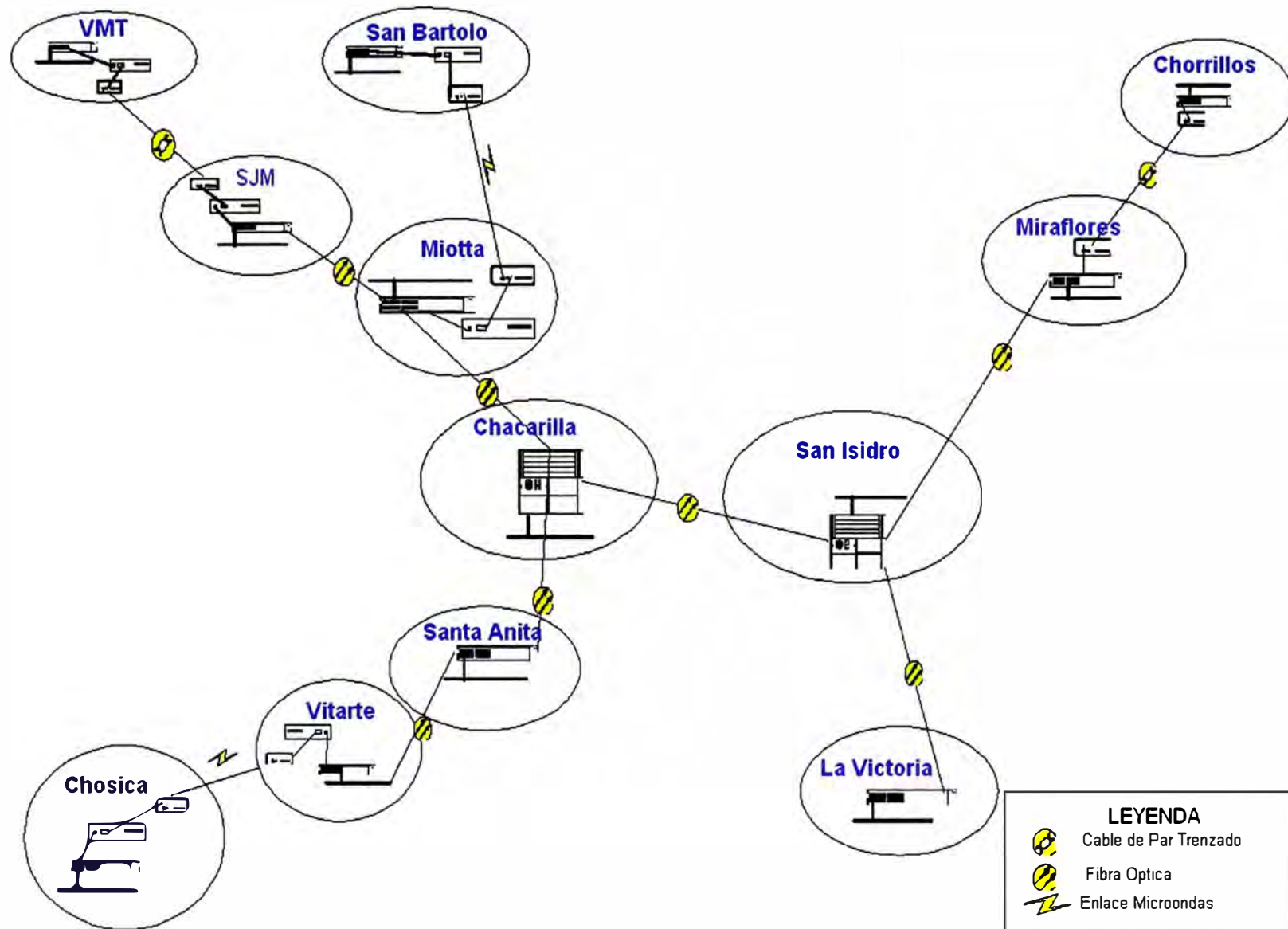


Fig. 3.2 Diagrama de la red de datos

Los switches de core interconectan los principales locales, por lo cual tienen que ser altamente confiables, con opciones de redundancia ante fallas. Así mismo, deben ofrecer puertos para conectar los principales servidores y a la vez conectar el resto de equipos de red (switches de borde).

Como cada red va a pertenecer a distinto dominio de colisión, necesitamos de un switch que separe el tráfico de cada uno y a la vez permita hacer ruteo de alta velocidad entre cada una de las redes, es decir requerimos de los denominados switches de capa 3 en Gigabit.

Se tuvo básicamente dos marcas de equipos para escoger, CISCO y 3COM que eran las predominantes en el mercado. Los equipos de Cisco resultaban ser mas costosos por el valor agregado que ofrecían, como es el caso de Calidad de Servicio, que no iba a ser explotado por los mismos motivos que no se escogió ATM. Pero los equipos 3COM si cubrían las necesidades de manera más cabal, por lo cual fueron escogidos

3.3.1 Principales características de los switches de core

Los switches de core que se utilizaron son CoreBuilder 9000, sus detalles técnicos son ofrecidos en el anexo B, pero entre sus principales características tenemos lo siguiente:

- Es un switch modular, es decir que se pueden agregar ó quitar tarjetas para adecuarlos a las necesidades.
- Módulos con interfaces Gigabit Ethernet para fibra multimodo (1000Base-SX). Los servidores que manejan alto volumen de tráfico son conectados directamente a estos, y a su vez estas interfaces se pueden conectar a convertidores de medio (media converters) y enviar las señales a través de fibra óptica monomodo a larga distancia para conectarse con los equipos de otros locales.
- Soporte para VLAN. Se pueden definir varias VLAN y de esta manera separar los dominios de colisión, permitiendo separar el tráfico entre los locales.
- Módulos con capacidad de Ruteo. Se pueden definir interfaces IP por cada VLAN creada y realizar ruteo en Gigabit entre las redes conectadas a estas interfaces.
- Soporte para protocolos de Ruteo: Aceptan RIP y OSPF. Mediante estos protocolos se pueden agregar y quitar ruteadores sin necesidad de acceder al

switch para la reconfiguración de rutas, ya que intercambian sus rutas por si mismos.

- Soporte para Trunking. Se puede definir mas de un puerto físico para un solo enlace lógico, de tal manera que se pueden utilizar dos enlaces físicos distintos en alta disponibilidad, es decir si uno falla, el otro sigue funcionando. También se puede usar para enviar mayor cantidad de tráfico que el brindado por un solo puerto.
- Soporte para redundancia de switches, permite configurar 2 switches en alta disponibilidad, de tal manera que si uno falla, el otro lo reemplaza automáticamente.
- Soporte de SNMP: Permite ser administrado y monitoreado remotamente mediante el protocolo SNMP.
- Fuentes de alimentación redundantes, conectadas a distintas redes de energía.

3.3.2 Convertidores de medio

Debido a que algunos servidores requieren ser conectados mediante tarjetas de red 1000Base-SX directamente a los switches de core, se debe contar con módulos con puertos 1000Base-SX en estos, pero a su vez se requiere tener módulos con puertos 1000Base-LX para poder conectarse a los equipos de otros locales mediante la fibra monomodo, lo que resultaría en excesivo costo y la presencia ociosa de algunos puertos que no se utilizarían, así que resulta mas conveniente utilizar conversores de señal óptica, de 1000Base-SX a 1000Base-LX para los equipos gigabit, y de 100Base-FX a 100Base-T en los casos que se interconecten equipos que no soportan gigabit, como es el caso de los locales de medianos requerimientos (San Juan, Vitarte).

La marca mas utilizada en convertidores de medio es Transition. Se pueden encontrar distintos modelos, que permiten utilizar enlaces de fibra monomodo de hasta 125 kilómetros.

Entre los modelos más usados se tienen:

- F-SM-MM-04(LH): 1000Base-SX a 1000Base-LX hasta 25 Km.
- E-100BTX-FX-05: 100Base-FX a 100Base-T hasta 20Km.

En la figura 3.3 se tiene la foto de uno de éstos.



Fig. 3.3 Convertidor de medio 1000Base-SX – 1000Base-LX

3.3.3 Configuración del switch de core de San Isidro

El switch de core de San Isidro tiene 4 módulos

- Módulo de Puertos 100-FX en la ranura 1 (Capa 2): Se utilizan para conectar a los switches de borde de San Isidro que soportan interfaces 100-FX.
- Módulo de Puertos 1000Base-SX (conector SC) en la ranura 3 (Capa 2): Se utilizan para conectar los servidores que manejan alto volumen de tráfico y convertidor de medio correspondiente al enlace con Chacarilla
- Módulo de Puertos 100Base-T en la ranura 4 (Capa 3): Se utilizan principalmente para conectar los convertidores de medio correspondientes a los enlaces de La Victoria y Miraflores, y hacer el ruteo entre sus redes.
- Módulo de Puertos 100Base-T en la ranura 5 (Capa 2): Se utiliza para conectar algunos servidores y switches de borde.

Hasta este switch llegarán los enlaces de La Victoria y Miraflores, para lo cual se deben separar 2 puertos en VLAN separadas en el módulo de la ranura 5, ya que esta es la única que soporta ruteo, y definir las interfaces de red correspondientes. El resto de puertos pertenecerán a la VLAN Default correspondiente al a red de San Isidro.

Se debe establecer el protocolo RIP entre este switch y el de Chacarilla para el intercambio de rutas.

La configuración de este equipo se puede llevar a cabo conectándose directamente mediante un cable serial y una computadora, o remotamente mediante telnet o http.

La figura 3.4 muestra la configuración física del switch de core de San Isidro

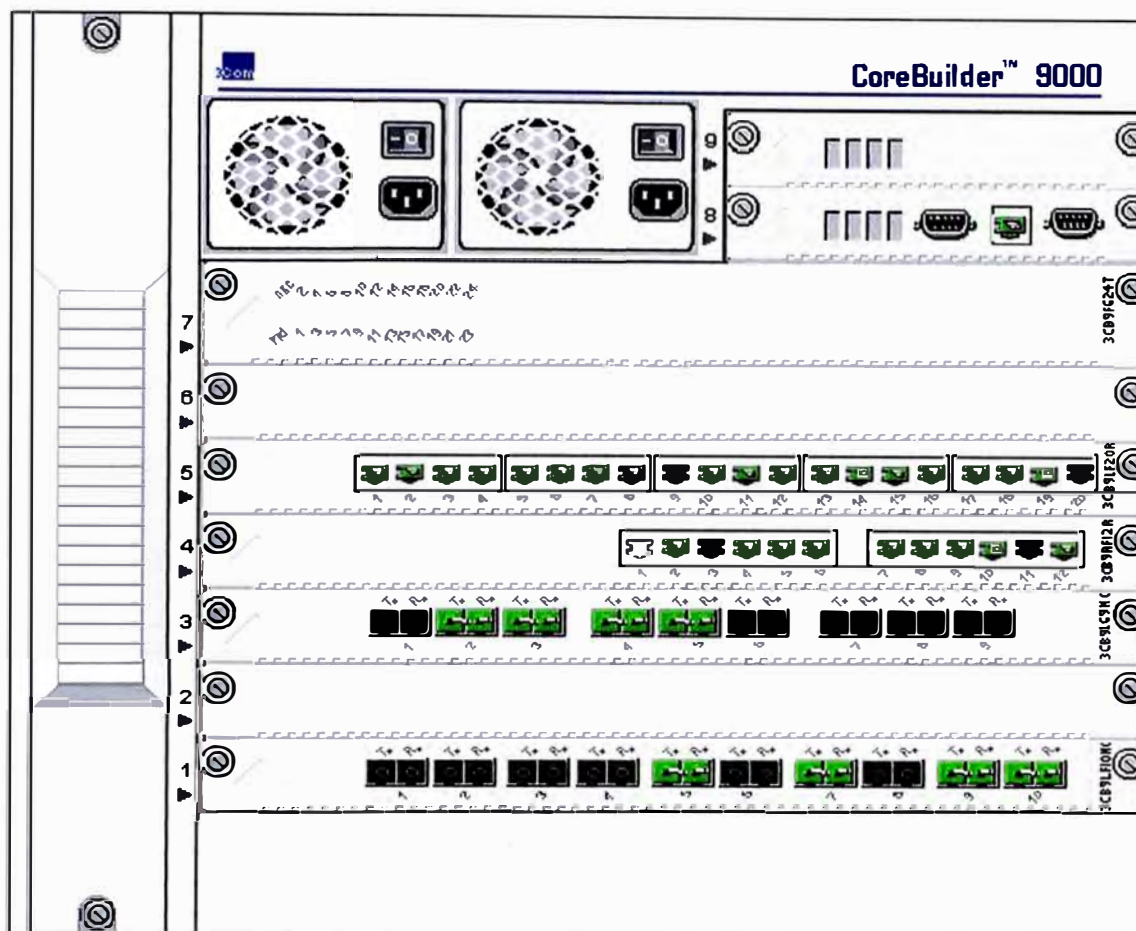


Fig. 3.4 Switch de core de San Isidro

La configuración inicial debe realizarse directamente, así que esta es la que se muestra en la figura 3.5.

3.3.4 Configuración del switch de core de Chacarilla

El switch de core de Chacarilla tiene 3 módulos:

- Módulo 1000Base-SX en la ranura 6 (Capa 2): Se utiliza para conectar un par de servidores con tarjeta 1000Base-SX.
- Módulo 1000Base-SX en la ranura 5 (Capa 3): Se utiliza principalmente para conectar a los convertidores de medio correspondientes a los enlaces con San Isidro, Pedro Miotto y Santa Anita, y a la vez hacer el ruteo entre las redes correspondientes a cada local.

- Módulo 100Base-T en la ranura 3 (Capa 2): Se utiliza para conectar servidores y switches de borde de Chacarilla.

En este switch tenemos que definir las VLAN correspondientes a San Isidro, Santa Anita, Pedro Miotta en los puertos módulo 1000Base-SX de la ranura 5, para que se lleve a cabo el ruteo entre estas redes.

De manera similar al caso de San Isidro, la figura 3.6 muestra la configuración del switch de core de Chacarilla desde una conexión directa por el puerto serial del equipo.

```

Login : admin
Password : *****
CB9000 >connect 5.1
Modulo 5 >bridge vlan define 2 miraflores 1
Modulo 5 >bridge vlan define 3 lavictoria 2
Modulo 5 >ip interface define 1 vlan 1 10.10.0.1 255.255.0.0
Modulo 5 >ip interface define 2 vlan 2 10.11.1.1 255.255.255.0
Modulo 5 >ip interface define 3 vlan 3 10.12.1.1 255.255.255.0
Modulo 5 >ip routing enable
Modulo 5 >ip rip enable
Modulo 5 >ip rip interface 1 mode RIPv2
Modulo 5 >ip rip interface 2 mode RIPv2
Modulo 5 >ip rip interface 3 mode None
Modulo 5 > disconnect
CB9000 >logout

```

Fig. 3.5 Configuración del switch Core Builder 9000 de San Isidro

```

Login: admin
Password: *****
CB9000 >connect module 5.1
module 5 >bridge vlan define 2 sanjuan 1
module 5 >bridge vlan define 3 santanita 2
module 5 >bridge vlan define 4 sanisidro 3
module 5 >ip interface define 1 vlan 1 10.16.0.1 255.255.0.0
module 5 >ip interface define 2 vlan 2 10.20.1.1 255.255.255.0
module 5 >ip interface define 3 vlan 3 10.20.50.1 255.255.255.0
module 5 >ip interface define 4 vlan 4 10.10.0.2 255.255.0.0
module 5 >ip routing enable
module 5 >ip rip enable
module 5 >ip rip interface 2 mode RIPv2
module 5 >ip rip interface 3 mode RIPv2
module 5 >ip rip interface 4 mode RIPv2
module 5 >ip rip interface 1 mode None
module 5 >disconnect
CB9000 >logout

```

Fig. 3.6 Configuración del switch Core Builder 9000 de San Isidro

La figura 3.7 muestra la distribución de módulos y puertos del switch de core de Chacarilla.

3.4 Solución por sucursal

El resto de locales que se conectan a los nodos centrales vienen a ser las sucursales de la empresa. Cada sucursal cuenta con una red LAN independiente del resto, es decir forma un solo dominio de colisión. Los principales servicios de red son brindados por un servidor local y son los siguientes:

- Servicio DHCP: Para la asignación de las direcciones IP a los computadores.
- Servicio DNS: Para la resolución de nombres del dominio, se cuenta con una réplica del DNS central.
- Servicio de Carpetas Compartidas : Se mantiene una copia de todos los archivos ejecutables que se utilizan en las labores, así como repositorios de archivos de tal manera que los usuarios puedan compartir sus trabajos.
- Servicio de Base de Datos Local: Para el almacenamiento de las transacciones realizadas en cada centro de recaudación.

Cada red LAN esta formada por switches de capa 2 administrables , tiene asignada una red IP clase C y cuenta con un enrutador o switch de capa 3 que permite conectarse con el resto de redes.

Las sucursales que tienen enlace de fibra con otra sucursal tienen un switch de capa 3 de la marca 3COM modelo switch 3250. Las principales características de estos equipos son:

- Soporte para VLAN: Para la separación del tráfico de la red LAN y el enlace WAN.
- Ruteo: Se puede asignar direcciones IP a cada VLAN y enrutar el tráfico entre estas.
- Soporte para RIP: Para el aprendizaje de las rutas de la red.
- Administración SNMP: Para la administración y monitoreo del equipo.
- Opción de agregar interfaces para 1000Base-SX y 1000Base-LX.

La configuración de este switch se puede realizar por conexión directa a la consola con un cable serial, o remotamente utilizando telnet o http.

La figura 3.8 muestra el panel frontal del switch 3COM 3250

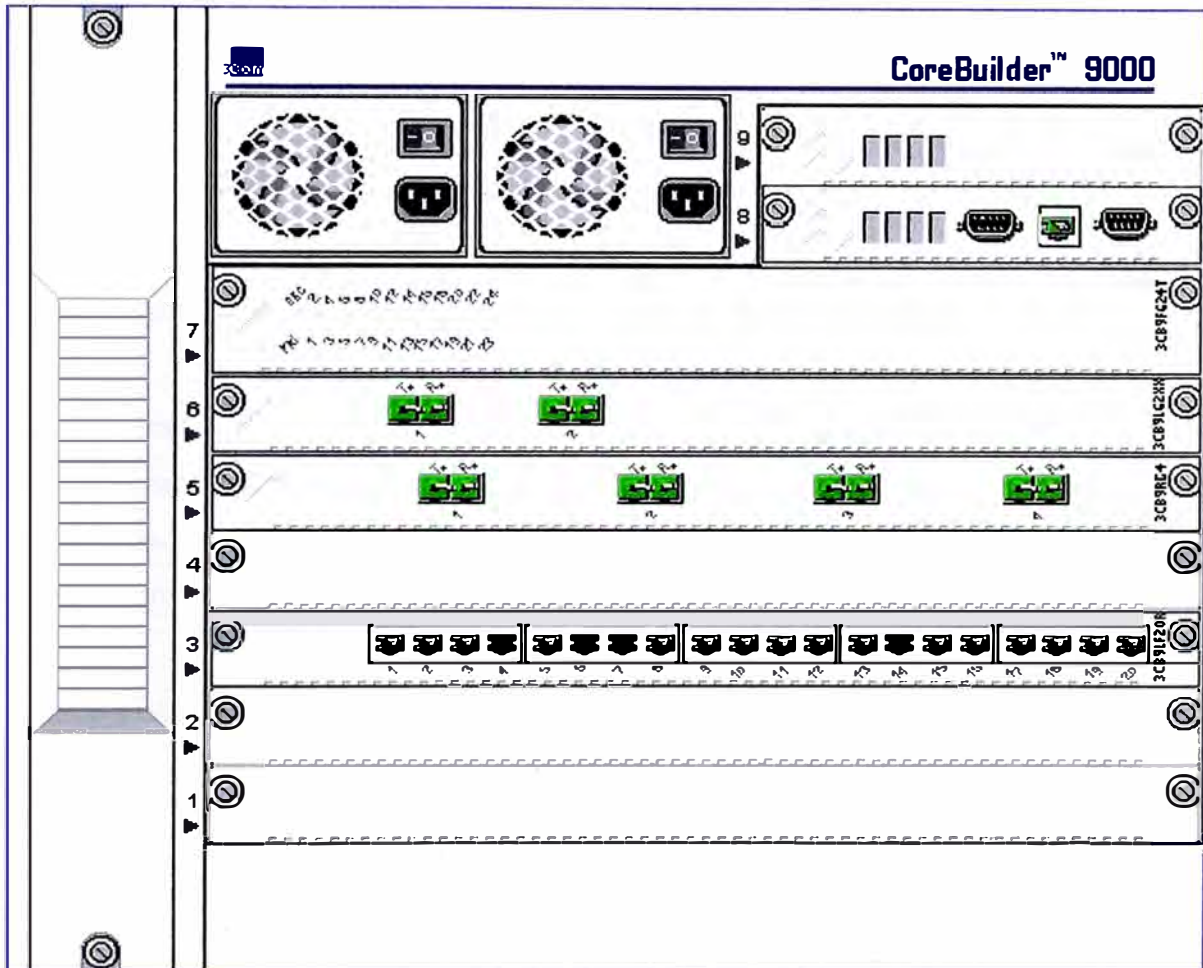


Fig. 3.7 Switch de core de Chacarilla



Fig. 3.8 Switch 3250 de 3COM

En el caso de los enrutadores, todos son de la marca 3COM modelo 3012. Se prefiere utilizar esta línea de equipos para mantener la compatibilidad con el resto de equipos que pertenecen a la misma marca.

Las principales características de estos equipos son:

- Poseen una interfase RJ-45 para el lado de la red LAN y una interfase V.35 para la conexión WAN.
- Soportan hasta 2Mbps de tráfico
- Maneja los protocolos PPP y HDLC para el enlace en el lado WAN
- Protocolos IP, RIP en capa 3.
- Administración mediante SNMP.

En todos los casos se define el protocolo PPP para la interfase V.35, y sobre esta interfase se asigna una dirección IP correspondiente al enlace WAN. Así mismo se asigna una dirección IP asociada a la interfase RJ-45 que pertenece a la LAN.

3.4.1 Sucursal Chosica

Tiene asignada la red 10.33.1.0/24. Su puerta de enlace es un enrutador que enlaza con otro enrutador en Vitarte, mediante un enlace microondas punto a punto. La configuración básica es mostrada en la figura 3.9.

El enrutador de vitarte tiene la configuración similar al de Chosica, sólo varían las direcciones IP, como lo muestra la figura 3.10.

```
Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.2 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router>interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.33.1.1 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.1
Router> exit
```

Fig. 3.9 Configuración del enrutador de Chosica

```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.1 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router> interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.30.2.1 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 10.30.2.1
Router> exit

```

Fig. 3.10 Configuración del enrutador de Vitarte

3.4.2 Sucursal de Vitarte

Tiene asignada la red 10.30.2.0/24 y su puerta de enlace es un switch de capa 3, por medio del cual se conecta hacia el local de Santa Anita. La configuración del switch se muestra en la figura 3.11.

```

Login: admin
Password : *****
Sw3250> bridge vlan create 2 santanita
Sw3250> bridge vlan modify addport 2 1:49
Sw3250> prot ip interface add 1 10.30.2.1 255.255.255.0
Sw3250> prot ip interface add 2 10.30.1.254 255.255.255.0
Sw3250> prot ip rip mode enabled
Sw3250> prot ip rip sendmode all RIPv2
Sw3250> prot ip rip receivemode all RIPv2
Sw3250> logout

```

Fig. 3.11 Configuración del switch 3250 de Vitarte

El switch de capa 3 tiene configurada 2 VLAN, una correspondiente a la red LAN de Vitarte y otra a la de Santa Anita, y tiene habilitado el protocolo RIP.

A través del enlace entre Santa Anita y Vitarte pasará el tráfico también de Chosica, por lo que se requiere el uso de fibra óptica para que no ocurra congestión. Pero a pesar de eso, utilizar Gigabit en este enlace resultaría demasiado, así que para disminuir costos se utilizó enlaces a 100Mbps.

El puerto 49 del switch pertenece a la VLAN de Santa Anita, es decir a nivel lógico está dentro de la red de Santa Anita, así desde este puerto sale un conector hacia un convertidor de medio 100Base-T – 100Base-FX que a su vez se conecta a la fibra

monomodo y en el otro extremo (Santa Anita) nuevamente es bajado a 100Base-T y conectado al switch que enlaza con Chacarilla.

3.4.3 Sucursal de Santa Anita

Tiene asignada la red 10.30.1.0/24 y su puerta de enlace viene a ser una de las interfaces definidas en el switch de core de Chacarilla, de tal manera que todos los equipos en este local son de capa 2 y no requieren configuración particular. Para su interconexión cuenta con un switch que tiene una tarjeta que soporta 1000Base-SX conectada a un convertidor de medio (1000-SX – 1000-LX).

3.4.4 Sucursal de San Bartolo

Tiene asignada la red 10.24.1.0/24 y su puerta de enlace es un enrutador conectado a otro enrutador con enlace microondas punto a punto, mediante el protocolo PPP, en Pedro Miotta, de manera similar al enlace Chosica – Vitarte descrito anteriormente. Las configuraciones de los enrutadores ubicados en San Bartolo y Pedro Miotta se muestran en las figuras 3.12 y 3.12 respectivamente.

```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.6 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router>interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.24.1.1 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.5
Router> exit

```

Fig. 3.12 Configuración del enrutador de San Bartolo

3.4.5 Sucursal de Villamaría del Triunfo

Tiene asignada la red 10.23.1.0/24 y su puerta de enlace es un enrutador conectado otro enrutador mediante enlace HDSL sobre cobre, mediante el protocolo PPP, ubicado en San Juan de Miraflores. Para el enlace HDSL se utilizan dos módems con interfaces RJ-11 y V.35, es decir sólo funcionan a nivel de capa física. Las configuraciones de los enrutadores de Villamaría del Triunfo y de San Juan se muestran en las figuras 3.14 y 3.15 respectivamente.

```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.5 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router>interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.20.1.3 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 10.20.1.1
Router> exit

```

Fig. 3.13 Configuración del enrutador de Pedro Miotta

```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.10 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router>interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.23.1.1 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.9
Router> exit

```

Fig. 3.14 Configuración del enrutador de Villamaría

```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.9 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router>interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.20.50.2 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 10.20.50.1
Router> exit

```

Fig. 3.15 Configuración del enrutador de San Juan

3.4.6 Sucursal de San Juan de Miraflores

Tiene asignada la red 10.20.50.0/24 y de manera similar al caso de Vitarte, tiene un switch de capa 3 que se conecta a la red de Pedro Miotta utilizando un convertidor de

medio 100Base-FX – 100Base-T en cada extremo. La configuración de este switch se muestra en la figura 3.16.

```

Login: admin
Password : *****
Sw3250> bridge vlan create 2 miotta
Sw3250> bridge vlan modify addport 2 1:49
Sw3250> prot ip interface add 1 10.20.50.1 255.255.255.0
Sw3250> prot ip interface add 2 10.20.1.2 255.255.255.0
Sw3250> prot ip rip mode enabled
Sw3250> prot ip rip sendmode all RIPv2
Sw3250> prot ip rip receivemode all RIPv2
Sw3250> logout

```

Fig. 3.16 Configuración del switch 3250 de Vitarte

3.4.7 Sucursal de Pedro Miotta

La red de Pedro Miotta tiene asignada la dirección 10.120.1.0/24, su puerta de enlace coincide con una de las interfases del switch de core de Chacarilla. A esta red llegan los tráficos de las redes de San Juan, Villamaría y San Bartolo. Cuenta con un switch con tarjeta 1000Base-SX, que se conecta a un convertidor de medio 1000Base-SX – 1000Base-LX y llega a través de la fibra monomodo hasta Chacarilla. En esta red sólo se utilizan switches de capa 2, ya que el ruteo lo hace el switch de core de Chacarilla.

3.4.8 Sucursal de Chorrillos

La red de Chorrillos tiene asignada la dirección 10.22.1.0/24, se conecta hacia la red de Miraflores a través de un par de módems enlazados mediante HDSL de manera similar al enlace entre Villamaría del Triunfo y San Juan. Las configuraciones de los enrutadores de Chorrillos y Miraflores se muestran en las figuras 3.17 y 3.18 respectivamente.

3.4.9 Sucursal de Miraflores

La red de Miraflores tiene asignada la dirección 10.11.1.0/24, su puerta de enlace coincide con una de las interfaces del switch de core de San Isidro, al cual se enlaza utilizando dos convertidores de medio 100Base-FX – 100Base-T. Esta red sólo utiliza switches de capa 2, dejando el enrutamiento al switch de core de San Isidro.


```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.14 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router> interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.22.1.1 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.13
Router> exit

```

Fig. 3.17 Configuración del enrutador de Chorrillos

```

Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.2.13 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router> interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.11.1.2 255.255.255.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 10.11.1.1
Router> exit

```

Fig. 3.18 Configuración del enrutador de Miraflores

3.4.10 Sucursal de La Victoria

La red de La Victoria tiene asignada la dirección 10.12.1.0/24, su puerta de enlace coincide con una de las interfaces del switch de core de San Isidro. De forma similar a la sucursal de Miraflores, utiliza dos convertidores de medio 100Base-T – 100Base-FX y los switches son sólo de capa 2.

3.5 Análisis de tráfico

Una vez implementada la red, se procede con el análisis del tráfico a través de los principales enlaces. Para esto utilizamos la herramienta de libre uso llamada MRTG que se encarga de leer los datos de bits recibidos y transmitidos en cada interfase de los enrutadores y switches mediante el protocolo SNMP.

En las figuras 3.19, 3.20 y 3.21 tenemos esquemas del tráfico promedio

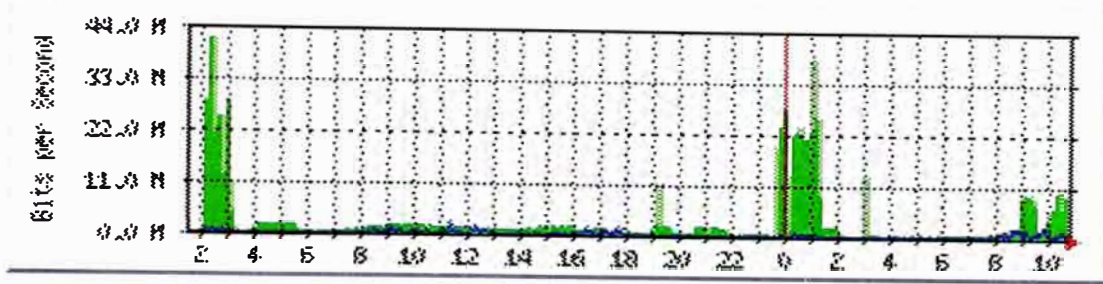


Fig. 3.19 Gráfico del tráfico de la interfase correspondiente a Pedro Miotta

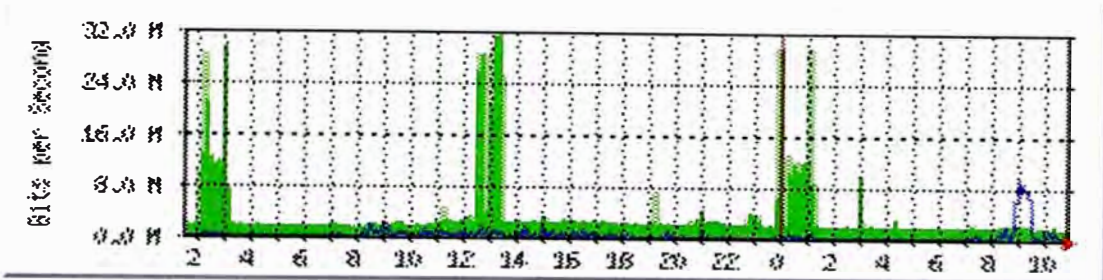


Fig. 3.20 Gráfico del tráfico de la interfase correspondiente a Santa Anita

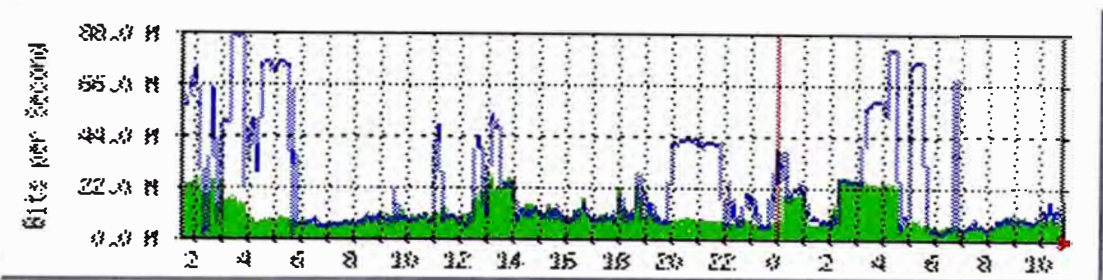


Fig. 3.21 Gráfico del tráfico de la interfase correspondiente a San Isidro

Las líneas azules representan el tráfico saliente del switch, y el verde el tráfico entrante. Se puede observar que el mayor tráfico ocurre en el enlace San Isidro – Chacarilla, llegando hasta 88Mbps en promedio. El intervalo de tiempo entre las lecturas de los datos de tráfico es de 5 minutos, pero si este tiempo fuera mas pequeño, podríamos observar los picos de mas de 100Mbps.

Así también tenemos el tráfico del enlace entre Vitarte y Chosica en la figura 3.22.

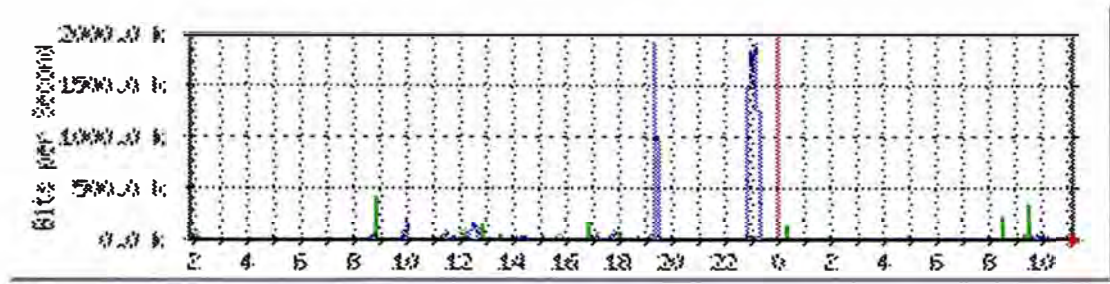


Fig. 3.22 Gráfico del tráfico del enrutador de Vitarte

La línea azul corresponde al tráfico desde Chosica hacia Vitarte, y el verde el tráfico en el otro sentido. Se llega a picos de 2Mbps durante la noche cuando se lleva a cabo el respaldo de la información almacenada en el servidor ubicado en Chosica.

CAPITULO IV

SISTEMAS DE CONTINGENCIAS PARA LA RED WAN

4.1 Vulnerabilidades físicas de la red

La red corporativa de la empresa tiene su punto más débil en el hecho de que los tendidos de fibra óptica son aéreos. Ha ocurrido en más de una oportunidad que debido al choque de un vehículo con un poste por el cual pasa la fibra, se pierda el enlace, o que algunos individuos cortan el cable de fibra por error al intentar robar cables de cobre.

Otra posibilidad es que alguno de los switches de core quede fuera de servicio, aislando las redes interconectadas por medio del mismo.

Para cada una de estas situaciones se han pensado en distintas soluciones que permiten la vuelta al servicio en el menor tiempo posible, de tal forma que el impacto sea mínimo.

4.2 Enlaces de contingencia

Los enlaces de contingencia están destinados principalmente a reemplazar a algún enlace de fibra óptica dañado. En algunos casos contamos con enlaces de microondas y en otros con enlaces de par de cobre.

Se han dado prioridad a los enlaces 1000-X por ser los de mayor importancia y por ende los de mayor impacto ante una falla.

4.2.1 Contingencia para el enlace San Isidro – Chacarilla

Para el enlace de San Isidro – Chacarilla contamos con un par de routers 3COM enlazados a 2Mbps. Estos routers están configurados de manera similar al caso de las sucursales.

La configuración del enrutador de Chacarilla se muestra en la figura 5.1. Es este enrutador se ha definido como ruta por defecto a la dirección IP de la interfase WAN del enrutador en San Isidro, es decir este enviará todo el tráfico hacia San Isidro en caso no tenga una ruta definida.

```
Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.3.2 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router> interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.16.0.3 255.255.0.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1
Router> exit
```

Fig. 5.1 Configuración del enrutador de contingencia de Chacarilla

La configuración del enrutador de San Isidro es mostrada en la figura 5.2.

```
Login: root
Password : *****
Router> interface serial 0:0
Router-Serial0> ip add 192.168.3.1 255.255.255.252
Router-Serial0> rip version 2
Router-Serial0> rip work
Router-Serial0> return
Router> interface ethernet 0
Router-Eth0> ip add 10.10.0.3 255.255.0.0
Router-Eth0> rip version 2
Router-Eth0> rip work
Router-Eth0> return
Router> ip route add 0.0.0.0 0.0.0.0 10.10.0.1
Router> exit
```

Fig. 5.2 Configuración del enrutador de contingencia de San Isidro

Estos equipos tienen habilitado el protocolo RIP, entonces cuando el enlace de fibra se mantenga operativo, el switch de core de Chacarilla tendrá 2 caminos posibles para enviar su tráfico a San Isidro, uno de manera directa a través de la fibra y otro a través de las microondas, pero dando dos saltos de red, por lo que escogerá el primero. Cuando se pierde el enlace de fibra, las interfaces correspondientes quedan inhibidas o deshabilitadas de manera lógica, así que todas sus rutas asociadas desaparecen. En este punto el switch de

core de Chacarilla sólo tendrá un camino para enviar el tráfico a San Isidro de tal forma que el servicio se mantiene.

De igual manera, el switch de core de San Isidro verá dos posibles rutas bajo condiciones normales, tomando el de menor costo que corresponde a la fibra, pero una vez que el enlace cae, las rutas aprendidas mediante RIP del otro switch desaparecen quedando solo las rutas aprendidas del enrutador de contingencia.

Cuando se pierde un enlace de fibra, se minimizan los servicios a través del enlace de contingencia, así por ejemplo se retiran los servicios de replicación y sincronización, los servicios de respaldo, servicios de video a través de la red, etc.

4.2.2 Contingencia para el enlace Chacarilla – Pedro Miotta

Para la contingencia del enlace entre Chacarilla y Pedro Miotta tenemos dos enrutadores enlazados a 2Mbps entre Pedro Miotta y San Isidro. El funcionamiento de este esquema es similar al anterior, la única diferencia es que hay que reconfigurar la ruta por defecto de los equipos de la red de Pedro Miotta, lo cual se realiza fácilmente mediante la reconfiguración del servicio de DHCP correspondiente a esa red.

4.2.3 Contingencia para el enlace Santa Anita – Chacarilla

De manera muy similar al caso de Pedro Miotta, se tienen dos routers conectados a 2Mbps entre Santa Anita y San Isidro. Aquí también necesitaremos reconfigurar la puerta de enlace en la configuración DHCP del servidor de la sucursal.

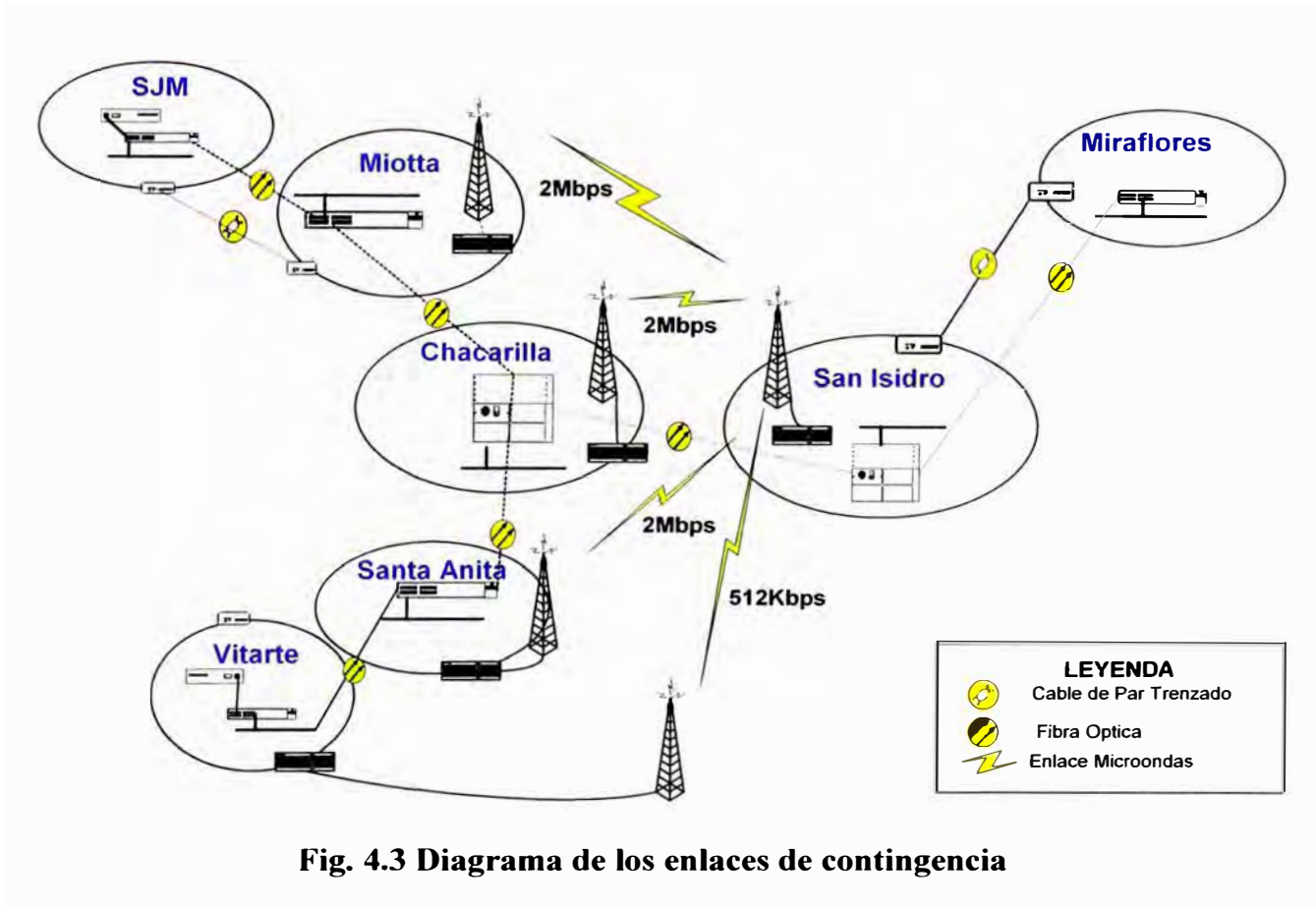
4.2.4 Contingencia para el enlace Vitarte – Santa Anita

Para este enlace tenemos dos enrutadores operando a 512Kbps. En esta sucursal no requerimos de reconfigurar la puerta de enlace porque pertenece al switch de capa 3 de esa misma red. La contingencia entra en funcionamiento en cuanto desaparecen las rutas aprendidas mediante RIP a través de la interfase que se conecta hacia la fibra óptica en el switch de capa 3, lo cual toma sólo segundos, quedando solamente las aprendidas desde el enrutador de contingencia.

4.2.5 Contingencia Pedro Miotta - San Juan y Miraflores - San Isidro

Para ambos casos se cuenta con dos enrutadores operando a 2Mbps a través de un enlace HDSL sobre cable de par trenzado de cobre. También entra a trabajar en cuanto los switches pierden las rutas aprendidas mediante RIPv2.

La figura 4.3 muestra como se distribuyen los enlaces de contingencia en la red corporativa.



4.3 Contingencia para los switches de core

En caso alguno de los switches de core fallase, se tiene un switch 3COM modelo 4900 en espera con toda la configuración copiada, que viene a ser el switch de contingencia. Lo único que queda es mover los conectores de fibra óptica a cada uno de los puertos correspondientes, previamente etiquetados.

Las principales características de este switch son:

- 12 puertos 100/1000Base-T
- 4 puertos 1000Base-SX

- Soporte para VLAN
- Ruteo entre las VLAN definidas.

En la figura 4.4 se observa las vistas frontal y posterior del switch 4900.

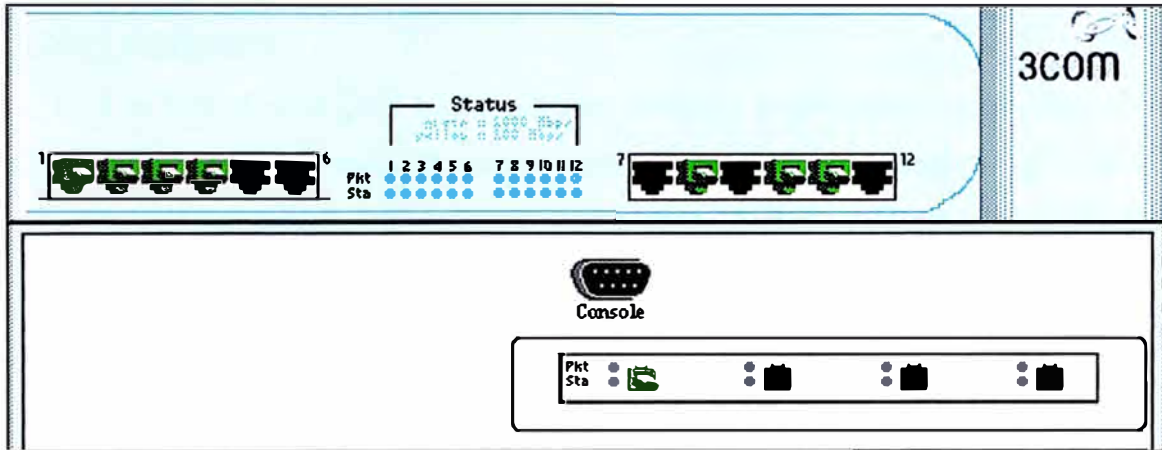


Fig. 4.4 Vista frontal y posterior del switch 3COM 4900

4.4 Opciones para alta disponibilidad

Para mantener en servicio en todo momento a la red, existe la posibilidad de configurar dos switches de core en alta disponibilidad, pero se debe disponer del doble de hardware para poder llevarlos a cabo, es decir, por cada equipo que se conecta a este switch, tendremos que utilizar dos conectores, dos enlaces de fibra, dos convertidores de medio, siendo demasiado costoso de implementar.

Para la alta disponibilidad de los enlaces lo que se puede hacer es utilizar un anillo de fibra, y mediante “trunking” conectamos dos equipos por diferentes caminos. Actualmente se está implementando el anillo de fibra entre San Isidro y Chacarilla, mediante un segundo tendido de fibra a través de las Sub Estaciones de la Empresa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las tecnologías para redes ethernet resultan ampliamente ventajosas sobre las redes ATM para interconexiones que no exigen control de tráfico, gracias a que poseen mayor velocidad, pudiendo utilizarse hasta 10Gbps en la actualidad.
2. El empleo de un medio de comunicación de alta velocidad como es el caso de la fibra óptica permite disminuir los costos en los equipos de comunicación, ya que estos sólo requieren de protocolos básicos de comunicación, permitiendo incluso utilizar equipos pertenecientes a una red LAN para generar una red WAN.

RECOMENDACIONES

1. Resulta recomendable el empleo de equipos modulares y de alto rendimiento como equipos de core para poder administrar adecuadamente la red, y a la vez adaptarse fácilmente ante algún cambio de la topología de la red.
2. Se debe tener muy en cuenta la capacidad de los equipos ópticos cuando se realiza el tendido de fibra óptica, ya que el estándar para gigabit ethernet indica sólo 5Km, pero se pueden extender utilizando conversores ópticos de mayor potencia.
3. Cuando se utilicen enlaces de baja velocidad como es el caso de los enlaces de microondas se debe evitar tráfico innecesario como son los paquetes de difusión inherentes a los sistemas operativos de Microsoft, por lo cual es preferente colocar enrutadores en vez de puentes.

ANEXO A

DEFINICIONES GENERALES SOBRE REDES

Definiciones Relacionadas

- a) **Backbone:** Conjunto de enlaces y equipos por donde viaja los datos de los usuarios finales, sin tener ellos conexión directa con los mismos.
- b) **Buffer:** Espacio de memoria utilizado para almacenar datos de manera temporal, hasta que un determinado proceso esté listo para usarlos.
- c) **Concentradores:** Más conocidos como HUB, son equipos repetidores que permiten interconectar equipos de una LAN, utilizado sólo en redes pequeñas.
- d) **Conmutación de Circuitos:** Tipo de conmutación mediante el cual se establece un camino a través de los nodos de la red dedicada a la interconexión de dos estaciones. En cada enlace, se dedica un canal lógico a cada conexión. Los datos se transmiten tan rápido como se pueda. En cada nodo, los datos de entrada se encaminan por el canal dedicado sin sufrir retardos.
- e) **Conmutación de Paquetes:** A diferencia de la conmutación de circuitos, no es necesario reservar canal lógico. En cada nodo, el paquete se recibe totalmente, se almacena y seguidamente se transmite al siguiente nodo.
- f) **Conmutación Orientada a la Conexión:** Tipo de conmutación que consiste en establecer una trayectoria lógica para la información antes de iniciar la transmisión.
- g) **Conmutadores:** Más conocidos como Switches, permiten interconectar equipos dentro de una red, pero teniendo en cuenta las direcciones de los mismos, evitando así el tráfico innecesario.
- h) **IP:** Protocolo de Internet, basado en asignar una dirección única de 32 bits a cada estación de una red y establecer ruteo entre estos.
- i) **NIC:** Abreviatura de Tarjeta de Interfase de Red en inglés.
- j) **Protocolo:** Conjunto de reglas y normas que deben seguir los miembros de una red para poder comunicarse.
- k) **Payload:** Parte de una trama de datos correspondiente a la información que se desea transportar.

l) Red: Conjunto de nodos capaces de comunicarse entre si, bien directamente o bien a través de otros.

m) Transceiver: Dispositivo encargado de la recepción y transmisión de datos.

Clasificación de Redes

De acuerdo a su extensión:

a) Redes LAN

Sus nodos se encuentran conectados juntos, dentro de un mismo local, edificio, oficina.

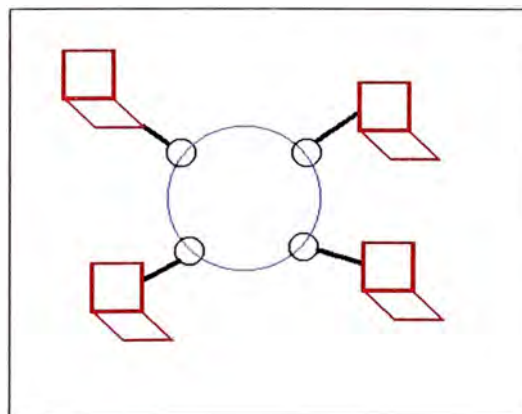
b) Redes WAN

Sus nodos se encuentran distribuidos a través de una ciudad, país o el mundo. La Red WAN más grande del mundo es Internet.

De acuerdo a su Topología:

a) Anillo

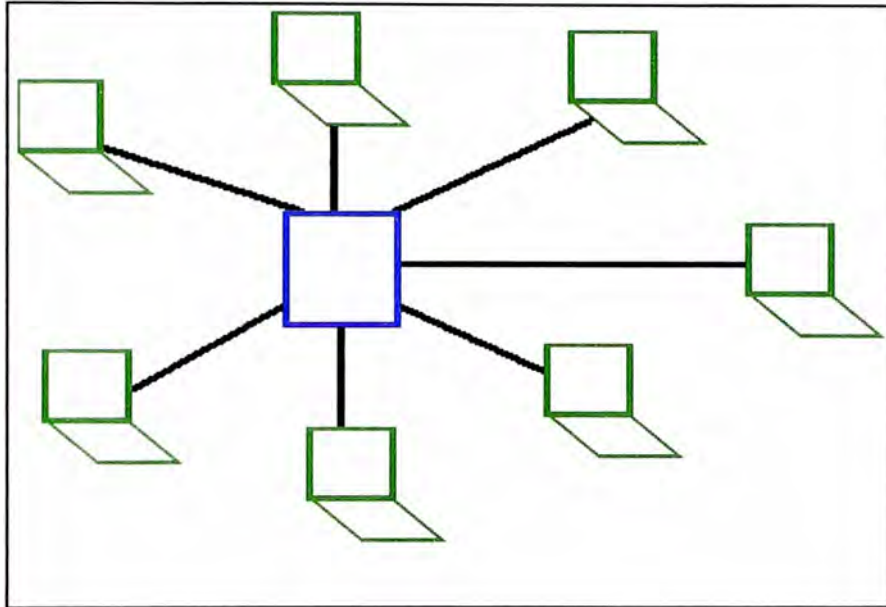
Es una de las tres principales topología de red. Los nodos están unidos unos con otros formando un círculo por medio de un cable común. Las señales circulan en un solo sentido alrededor del círculo, regenerándose en cada nodo, como se muestra en la siguiente figura:



Topología Anillo

b) Estrella

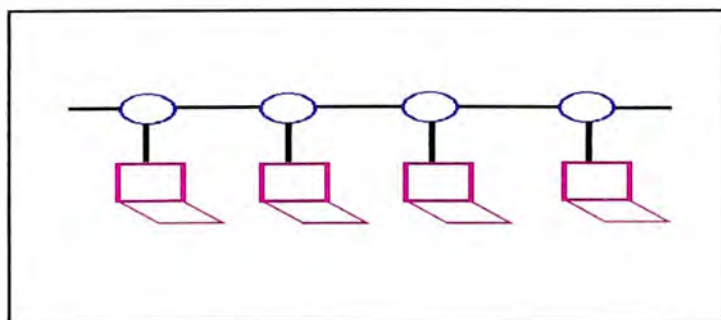
Es otra de las tres principales topologías. La red se une en un único punto, normalmente con control centralizado, como un concentrador de cableado. Esta topología se ilustra en la siguiente figura :



Topología Estrella

c) Bus

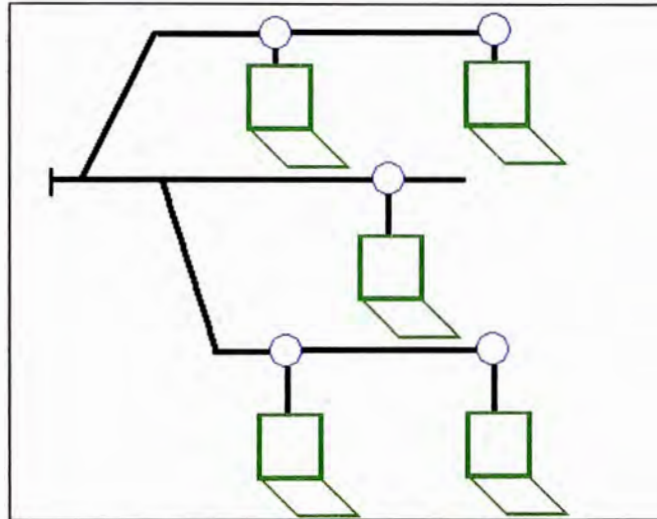
Es la tercera de las topologías principales. Las estaciones están conectadas por un único segmento de cable. A diferencia del anillo, el bus es pasivo, no se produce regeneración de las señales en cada nodo, como se muestra en la siguiente figura :



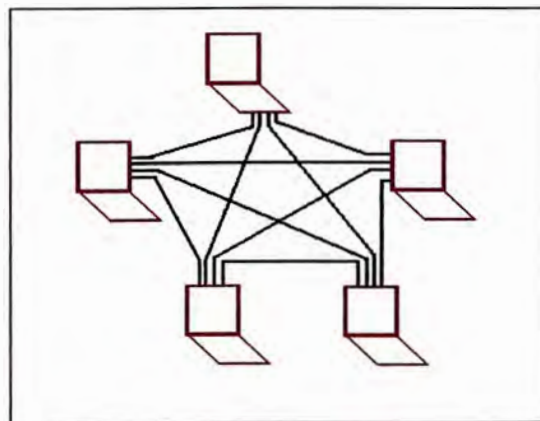
Topología Bus

d) Árbol

Esta estructura de red se utiliza en aplicaciones de televisión por cable, sobre la cual podrían basarse las futuras estructuras de redes que alcancen los hogares. También se ha utilizado en aplicaciones de redes locales analógicas de banda ancha. La topología tipo árbol es mostrada en la siguiente figura:

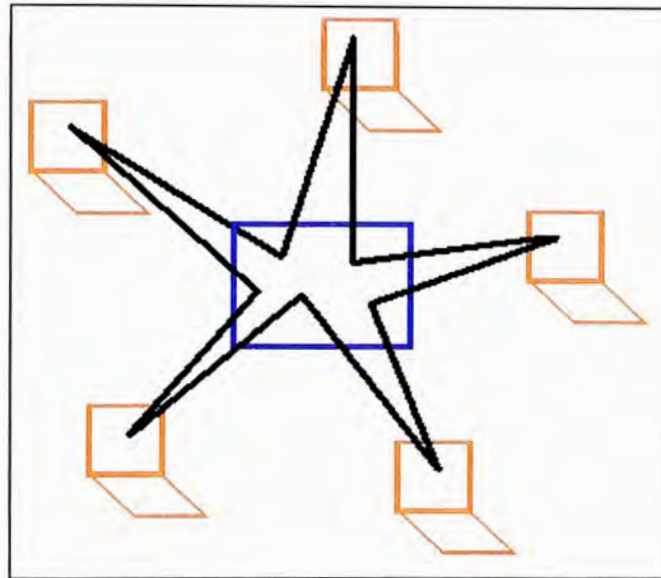
**Topología Árbol****e) Trama**

Esta estructura de red es típica de las WAN, pero también se puede utilizar en algunas aplicaciones de redes locales (LAN). Los nodos están conectados cada uno con todos los demás, como se puede observar en la siguiente figura:

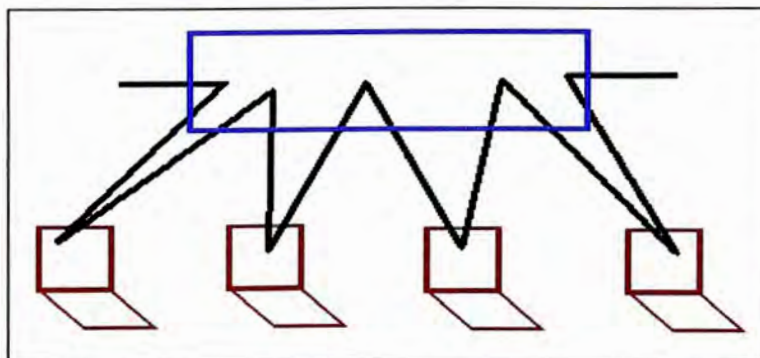
**Topología Trama**

f) Anillo en Estrella

Esta topología se utiliza con el fin de facilitar la administración de la red. Físicamente, la red es una estrella centralizada en un concentrador, mientras que a nivel lógico, la red es un anillo. Los equipos se encuentran conectados a un concentrador, pero las tramas viajan de equipo en equipo a través del concentrador. Esta topología se ilustra en la siguiente figura:

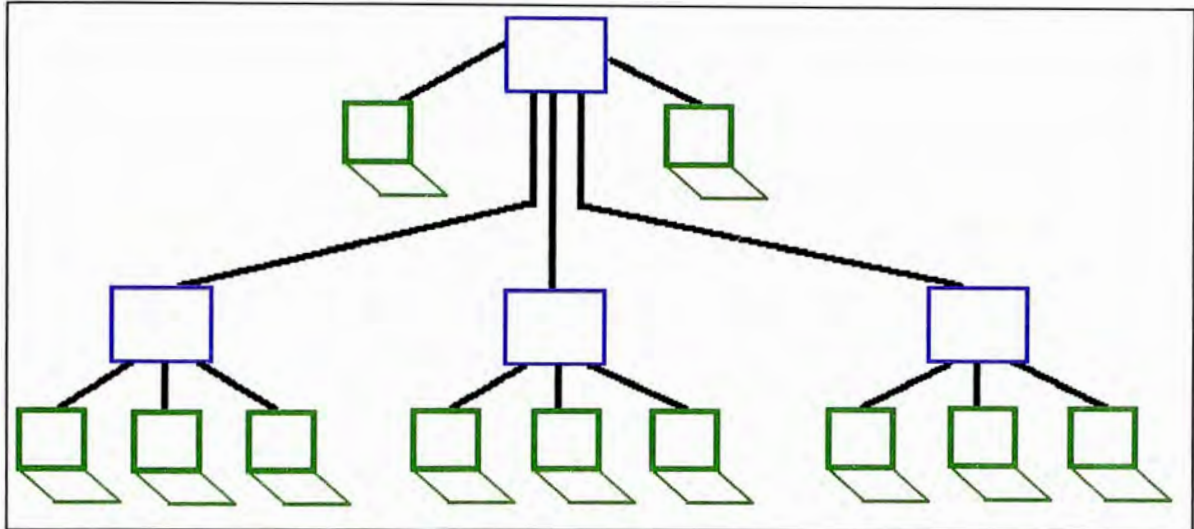
**Topología Anillo en Estrella****g) Bus en Estrella**

En este caso la red es un bus que se cablea físicamente como una estrella por medio de concentradores. La ilustración de la topología en estrella se muestra a continuación:

**Topología Bus en Estrella**

h) Estrella Jerárquica

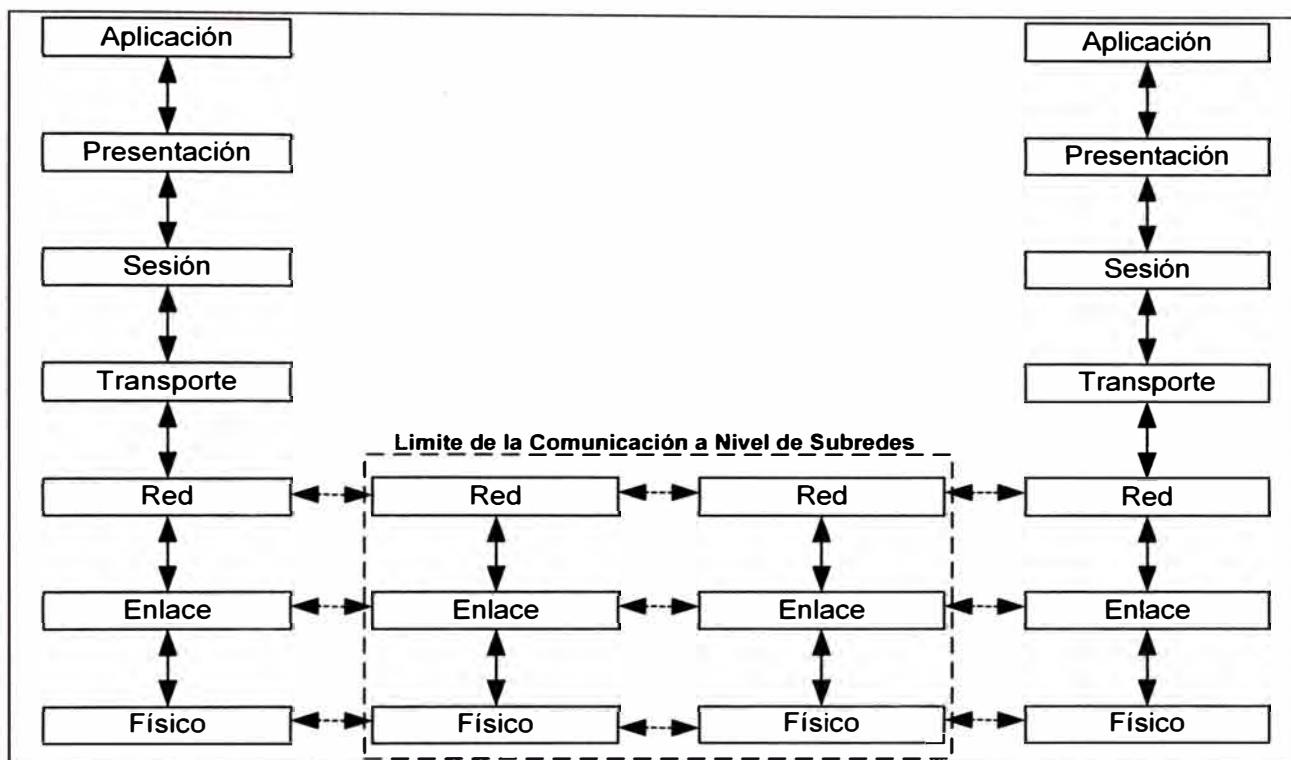
Esta estructura de cableado se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales, por medio de concentradores dispuestos en cascada para formar una red jerárquica. La siguiente figura muestra la topología de estrella jerárquica.



Topología Estrella Jerárquica

MODELO OSI

El modelo OSI está compuesto por una pila de 7 niveles o capas, cada uno de ellos con una funcionalidad específica, para permitir la interconexión e interoperatividad de sistemas heterogéneos. La utilidad radica en la separación que en él se hace de las distintas tareas que son necesarias para comunicar datos entre dos sistemas independientes. La siguiente figura muestra un esquema de la distribución de los protocolos del modelo OSI.



Modelo OSI

a) Capa Física

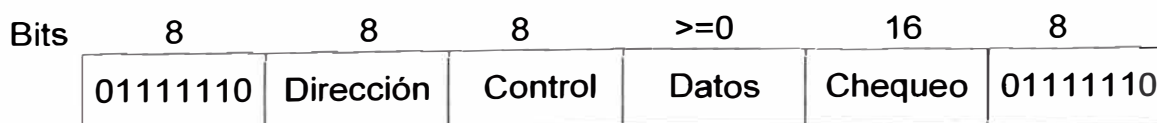
Describe las características eléctricas y mecánicas requeridas para la transmisión de bits.

Por ejemplo: Conectar 2 computadoras a través de un cable implica:

- Fijar a -3V como 1 binario y +4V como 0 binario
- El cable no debe tener más de 15 metros.
- El voltaje debe cambiar 20,000 veces por segundo.

b) Capa de Enlace

Se encarga de detectar errores en la transmisión de bits, por lo cual se envía los bits en tramas que agregan bits de redundancia para detectar errores. La siguiente figura muestra un ejemplo de una trama de la capa de enlace.



Trama de Nivel de Enlace

Por ejemplo:

- Agregar un bit de paridad cada por cada 7 bits transmitidos donde bit 1 implica que debe haber una cantidad impar de 1's y bit 0 que debe haber una cantidad par de 1's.

Además provee un mecanismo de tal forma que un transmisor rápido no sobrecargue a un receptor lento. Así mismo especifica como varios equipos pueden compartir un canal común, mediante la subcapa de control de acceso al medio (MAC).

Entre los protocolos mas conocidos tenemos: Ethernet, token ring, FDDI.

c) Capa de Red

Determina el ruteo de los paquetes desde sus fuentes hasta sus destinos, manejando al mismo tiempo la congestión.

d) Capa de transporte

Es el primer nivel que se comunica directamente con su par en el destino. Provee varios tipos de servicio (por ejemplo, un canal punto-a-punto sin errores). Se puede usar el encabezamiento de transporte para distinguir entre los mensajes de conexiones múltiples entrantes en una máquina. También provee el control de flujo entre las estaciones.

e) Capa de Sesión

Parecido a la capa de transporte, pero brinda servicios adicionales. Por ejemplo, puede manejar *tokens* (objetos abstractos y únicos) para controlar las acciones de participantes o puede hacer *checkpoints* (puntos de recuerdo) en las transferencias de datos.

f) Capa de Presentación

Cumple funciones comunes a muchas aplicaciones tales como traducciones entre juegos de caracteres, códigos de números, etc.

g) Capa de Aplicación

Define los protocolos usados por las aplicaciones individuales, como e-mail, telnet, etc.

ANEXO B

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE RED

3COM Switch Core Builder 9000

Alta Densidad

Escalable hasta 216 puertos Fast Ethernet o 54 puertos Gigabit Ethernet.

Arquitectura del Chasis

- 6 ranuras para módulos, mas una ranura el módulo de fábrica.
- Procesamiento Distribuido
- Plataforma pasiva con 120Gbps de capacidad

Servicios y Características de los Módulos Multicapa

- Enrutamiento IP usando protocolos RIP1, RIP2 y OSPF.
- Enrutamiento IPX y Apple Talk.
- VLAN basadas en puerto, protocolos y el estándar IEEE802.1Q
- Enrutamiento IGMP para tráfico de difusión múltiple (multicast).
- VRRP para sistemas redundantes.
- Administración WEB y SNMP
- Soporte para RMON-1 y RMON-2

Dimensiones:

- Alto: 30.98 cm.
- Ancho: 48.26 cm.
- Profundidad: 51.05 cm.
- Peso (Base): 18.14 Kg.
- Peso (Completo): 38.55 Kg.

Fuente de Alimentación:

- 930 W AC
- Voltaje de entrada: 90-264 VAC auto rango
- Frecuencia: 47-63 Hz.
- Corriente Máxima : 15.5 A

Requerimientos Ambientales

- Temperatura de Operación: 0° a 50°C
- Humedad de Operación: 10% a 90%
- Temperatura de Almacenamiento: -40° a 66°C
- Humedad de Almacenamiento: 10% a 90%

Estándares de la Industria Soportados

- Protocolos de Administración
 - UDP (RFC 768)
 - IP (RFC 791)
 - ICMP (RFC 792)
 - TCP (RFC 793)
 - ARP (RFC 826)
 - DVMRP
 - VRRP
 - OSPF
 - RIPv1 y RIPv2
- Protocolos Ethernet
 - IEEE 802.1d
 - IEEE 802.3
 - IEEE 802.3z
 - IEEE 802.3x
 - IEEE 802.1Q
 - IEEE 802.1p
- MIBs Soportadas
 - MIB II (RFC 1213)

- SNMP MIB (RFC 1157)
- Bridge MIB (RFC 1493)
- Entity MIB (RFC1398)
- Ethernet MIB (RFC1398)
- VRRP MIB
- RMON MIB (RFC 1757)
- RMON-1
- RMON-2
- OSPF MIB
- IGMP MIB
- Router MIB
- Interface MIB (RFC 1573)

Administración

- 3COM Network Supervisor
- Soporte para SNMP y TELNET
- Administración Web
- RMON-1, RMON-2
- Interfaces: 10BaseT (RJ-45) Ethernet , consola RS232(DB-9).

3COM Superstack 3 switch 3250**Rendimiento**

- Capacidad de Conmutación: 13.6 Gbps
- Tasa de Envío: 10.1 Mpps; latencia < 12us

Conmutación en Capa 2

- Direcciones MAC: Hasta 8192 direcciones
- VLAN: 255 VLAN (IEEE 802.1Q)
- Auto negociación: Velocidad, duplex y conexión (MDI/MDIX)
- Protocolo Spanning Tree: RSTP y soporte para STP, opción de habilitar y deshabilitar STP por cada puerto.

Conmutación en Capa 3

- Rutas: Enrutamiento basado en hardware, 2001 rutas IP.
- Ruteo IP: 32 Interfases IP, múltiples por VLAN , RIPv1 y RIPv2
- Multicast: Filtrado para 64 grupos multicast, IGMP v1 y v2.
- Protocolos de Red: DHCP, Ayudante UDP , ARP, ARP Proxy.

Resiliencia

- Soporte para Fuente de Alimentación Redundante de 3COM.
- Copia de respaldo y restauración de la configuración.

Administración

- Administración remota con SNMPv1.
- Configuración: Línea de comandos, interfase serial de 9 pines, telnet, http, snmp.
- Asignación IP: DHCP, manual.
- Monitoreo: 3com Network Supervisor.

Puertos

- 48 puertos 10/100
- 2 puertos duales: 10/100/1000 o SFP Gigabit.

Dimensiones

- Alto: 45 mm.
- Ancho: 440 mm.
- Profundidad: 333 mm.
- Peso: 5.3 Kg.

Fuente de Alimentación

- Voltaje de entrada: 90-240 VAC auto rango.
- Frecuencia: 47-63 Hz.
- Potencia: 84W

3COM Router 3012**Enrutamiento WAN**

- PPP, V.35
- IP, OSPF, RIPv1, RIPv2, BGP-4, enrutamiento estático.

Seguridad

- VPN: L2TP, GRE, IPSec.
- Firewall, ACLs, NAT.
- RADIUS, PAP/CHAP, TACACS+

Administración

- 3COM Network Supervisor, CLI,SSH
- SNMP v1,2 y 3, Telnet , RMON

Resiliencia

- VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol)
- Centro de copia de respaldo

Puertos

- 1 Puerto 10/100Base-T
- 1 Puerto V.35
- 1 Puerto Consola
-

Dimensiones

- Alto: 36.5 mm.
- Ancho: 251 mm.
- Profundidad: 187 mm.
- Peso: 0,85 Kg.

Fuente de Alimentación

- Voltaje DE Entrada: 90-240 V AC.
- Potencia: 40W
- Frecuencia: 50/60 Hz.

BIBLIOGRAFIA

1. CISCO, “Internetworking Technologies Handbook”,
<http://www.cisco.com/univercd>
2. Forum ATM, “ATM Networks” – 1999
3. Sean Riley, “Switched, Fast and Gigabit Ethernet”, New Riders Publishing, 1999
4. Charles Spurgeon, “Ethernet: The Definitive Guide”, O’Reilly, 2000
5. Rich Seifert, “Gigabit Ethernet: Technology and Applications for High-Speed LANs”, Addison-Wesley, 1998
6. Gilbert Held, “Internetworking LANs and WANs: Concepts, Techniques and Methods”, Wiley, 1998