

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED IP MPLS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

(ÁREA: ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO)

P R E S E N T A N:

PATRICIA CASTAÑEDA SALAZAR

EDUARDO ESQUIVEL GARCÍA

INGENIERO ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO

(ÁREA: COMUNICACIONES)

P R E S E N T A N:

JUAN GUILLERMO GARCÍA RAMÍREZ

JOSÉ LUIS TORRES PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS: M. en I. LAURO SANTIAGO CRUZ

MEXICO, D.F. Febrero de 2007



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED IP MPLS

Patricia Castañeda Salazar
Eduardo Esquivel García
Juan Guillermo García Ramírez
José Luis Torres Pérez

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México

DEDICATORIAS

Patricia Castañeda:

A mi Palomita, que llegaste en un momento oportuno en mi vida, Gracias.

Mamá, tu que me distes la confianza, amor y la gran oportunidad de estudiar, así como el de haberme traído a este mundo, Gracias.

A mis hermanos (Jesús, Diana y Edith), por haber tenido tantas esperanzas en mí. Gracias con todo cariño.

A mi esposo, que ha estado en las buenas y en las malas conmigo. Gracias por su paciencia y amor.

A todos mis amigos de la facultad y de la biblioteca del anexo, los cuales fueron un apoyo muy importante para mí y en especial a ti "Chino", que me ayudaste en los momentos más difíciles. Gracias.

Eduardo Esquivel:

Palomita: Hijita, eres una bendición y la inspiración y fuerza para seguir adelante. Te amo.

A mi Don: Gracias por tu apoyo, confianza y al recuerdo que guardo de ti Papá, he llegado a este momento, el cual sé que estas viendo desde el cielo. Dios te guarde en su gloria.

A mi Oli: Gracias también a tu apoyo, tus desvelos, cuidados y enseñanzas soy lo que hoy en día he logrado. Mamá te quiero mucho, que Dios te bendiga.

Paty: Gracias por todo el apoyo que me diste para terminar mis estudios. Te amo.

A ti Araceli, por tu ejemplo y a ti Jorge por cuidarme siempre, aún cuándo ambos no se dieron cuenta de ello. Gracias de todo corazón.

A mis Profesores de la Facultad de Ingeniería: Gracias por sus enseñanzas.

DEDICATORIAS

Guillermo García:

LGP y GAGG por ser la razón de mi vida y fomentar cada día mi superación.

JGGB y ORA por su ejemplo, la confianza, apoyo incondicional y educación recibida.

A mis hermanos por el apoyo y solidaridad recibidos.

A mis amigos y compañeros de la FI-UNAM, por compartir conmigo lo bueno y lo malo; los momentos de alegría y los momentos de crisis.

Que Dios los bendiga.

José Luis Torres:

A mi Padre: que gracias a él soy lo que soy y tengo lo que tengo, que me enseño el camino de la vida y el valor de las cosas, hoy que ya no estas conmigo tu esfuerzo no fue en vano, siempre te estaré agradecido por el apoyo y educación.

A mi Madre: sin tu esfuerzo, ejemplo, apoyo y desveladas, no hubiera sido posible terminar este proyecto de mi vida.

A mis Hermanos, mil gracias por el apoyo recibido de ambos, en los buenos y malos momentos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
OFICIO FING/DIE/97/2007

ASUNTO: Solicitud de jurado para Examen Profesional

M.A. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA U.N.A.M.
P r e s e n t e .

A través del presente me permito proponer atentamente el siguiente jurado para los alumnos que se mencionan a continuación quienes han cubierto los requisitos académicos necesarios para efectuar su examen profesional:

NOMBRE	NÚM. CUENTA	CARRERA
JUAN GUILLERMO GARCÍA RAMÍREZ	9013107-5	INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO
JOSÉ LUIS TORRES PÉREZ	8914827-0	INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO
PATRICIA CASTAÑEDA SALAZAR	8517582-2	INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA ÁREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
EDUARDO ESQUIVEL GARCÍA	8233795-3	INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA ÁREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

ASIGNACIÓN	NOMBRE	RFC
PRESIDENTE:	M.I. ANTONIO SALVÁ CALLEJA	SACA-520331
VOCAL:	M.I. LAURO SANTIAGO CRUZ	SACL-571215
SECRETARIO:	M.I. JUAN FERNANDO SOLÓRZANO PALOMARES	SOPJ-500516
1ER. SPTE.:	DR. MIGUEL MOCTEZUMA FLORES	MOFM-600518
2DO. SPTE.:	DR. VÍCTOR RANGEL LICEA	RALV-720528

Agradecienco de antemano su atención quedo de usted,

A t e n t a m e n t e .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D. F., a 14 de Febrero de 2007.
EL JEFE DE LA DIVISIÓN

DR. EDUARDO ARRIOLA VALDÉS

EP-4

CONTENIDO

PRÓLOGO viii

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO 2

ALCANCE 3

CAPÍTULO 1
ANTECEDENTES Y CONCEPTOS DE LAS TELECOMUNICACIONES 3

1.1. Antecedente cronológico de las redes de telecomunicaciones 3
1.2. Señales de comunicación 7
1.2.1. Señales analógicas 7
1.2.2. Señales digitales 8
1.3. Medios de transmisión 14
1.4. Protocolo de inicialización de sesiones 16

CAPÍTULO 2
INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES 17

2.1. Redes de telecomunicaciones 17
2.1.1. Redes de área local (LAN) 17
2.1.2. Redes de área amplia (WAN) 20
2.1.3. Redes privadas y redes públicas 23
2.2. Redes de telecomunicaciones 24
2.2.1. Modelo OSI 25
2.3. Interconexión de redes LAN y redes WAN 30

2.4. Redes con tecnología *Frame Relay* **32**
2.5. Redes con tecnología IP MPLS **36**

CAPÍTULO 3
ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL **39**

3.1. Topología de la red **40**
3.2. Relación y ancho de banda de los sitios **43**
3.3. Determinación del ancho de banda **45**
3.4. Equipos de la red **50**
3.5. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP de la red LAN **51**
3.6. Diagrama de conectividad típico de nodos remotos con 2 y 4 canales de voz **55**
3.7. Gráficas del tráfico de la red **57**
3.8. Evaluación y análisis de costos **60**

CAPÍTULO 4
DISEÑO DE LA RED IP MPLS **66**

4.1. Análisis de la plataforma de transporte en comunicaciones a elegir **67**
4.2. Determinación de los Anchos de Banda **70**
4.3. Equipos de la red **74**
4.4. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP de la red **78**
4.5. Diagrama de red IP MPLS **82**
4.6. Diagrama de red IP MPLS **84**
4.7. Costo de la red **85**
4.8. Propuestas económicas de proveedores de servicios **86**
4.9. Información general de los *Carriers* **91**
4.10. Elección del *Carrier* **92**

CAPÍTULO 5
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IP MPLS **95**

5.1. Escenarios de migración de redes en *Frame Relay* a IP MPLS **96**
5.2. Estrategia general de migración **99**
5.3. Procedimiento técnico de migración **99**
5.4. Diagrama de conexión del sitio piloto **102**
5.4. Actividades y tiempos de implementación **105**

CAPÍTULO 6
EVALUACIÓN DE LA RED IP MPLS **110**

6.1. Puesta a punto de los *routers* de la red IP MPLS **111**
6.2. Pruebas de conectividad de voz y de datos en los sitios de la red **113**
6.3. Gráficas del tráfico de la red IP MPLS **115**

CAPÍTULO 7
RESULTADOS Y CONCLUSIONES **122**

7.1. Resultados **123**
7.2. Conclusiones **125**

BIBLIOGRAFÍA **126**

APÉNDICE A - GLOSARIO DE TERMINOS **127**

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 3
ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL **39**

3.1. Diagrama de Conectividad de la Red de Comunicaciones. **41**
3.2. Diagrama de conectividad típico de nodos con 2 y 4 canales de voz. **56**
3.3. Tráfico de voz y datos, enlace de 64 kbps. **57**
3.4. Tráfico de voz y datos, enlace de 128 kbps. **58**
3.5. Tráfico de voz y datos, enlace de 192 kbps. **59**
3.6. Tráfico de voz y datos, enlace de 2048 kbps. **60**

CAPÍTULO 4
DISEÑO DE LA RED IP MPLS **66**

4.1. Diagrama de conectividad de la red de comunicaciones en IP MPLS. **83**
4.2. Diagrama de conectividad típico de nodos de la red bajo plataforma IP MPLS. **84**

CAPÍTULO 5
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IP MPLS **95**

5.1. Diagrama de conexión del sitio piloto durante la migración de la red en *Frame Relay* hacia IP MPLS. **104**
5.2. Diagrama de Gantt del Plan de Implementación de la red TOGA Alimentos. **108**

CAPÍTULO 6
EVALUACIÓN DE LA RED IP MPLS **110**

6.1. Tráfico de voz y datos, enlace de 128 kbps. **117**

6.2. Tráfico de voz y datos, enlace de 192 kbps. **118**
6.3. Tráfico de voz y datos, enlace de 2,048 kbps. **119**
6.4. Latencia y pérdida de paquetes en IP MPLS y de acceso a Internet. **120**

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1
ANTECEDENTES Y CONCEPTOS DE LAS TELECOMUNICACIONES **3**

1.1. Niveles de Multiplexión PDH en Norteamérica y Europa. **13**
1.2. Capacidades disponibles en México para servicios nacionales e internacionales. **13**
1.3. Características de diferentes medios de transmisión. **15**

CAPÍTULO 3
ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL **39**

3.1. Ubicación, ancho de banda y relación de sitios. **43**
3.2. Datos del ancho de banda y número de usuarios. **47**
3.3. Dirección IP LAN de los elementos de la red LAN del nodo central. **52**
3.4. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP LAN de cada sitio. **53**
3.5. Costo de los enlaces dedicados de la red por sitio. **62**
3.6. Costo por mantenimiento de la red actual. **65**
3.7. Costo mensual total de la red actual de comunicaciones. **65**

CAPÍTULO 4
DISEÑO DE LA RED IP MPLS **66**

4.1. Anchos de banda propuestos de los enlaces locales en la red IP MPLS. **73**
4.2. Tipos de sitios de la red y requerimientos para equipos *routers* CISCO. **76**
4.3. Sitios Tipo1 y 2 con interfaz V.35, 2 puertos Fastethernet y 2 puertos *FXS*. **77**
4.4. Sitios Tipo 3 con interfaz V.35, 2 puertos Fastethernet y 4 puertos *FXS*. **77**
4.5. Sitio Tipo 4 con 2 interfaces G.793 para voz, 1 interfaz G.703 para WAN, 2 Puertos Fastethernet. **78**
4.6. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP LAN y WAN de cada sitio. **80**

4.7. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 1*. **86**
4.8. Costo de los equipos *routers* CISCO modelo 2800. *Carrier 1*. **88**
4.9. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 2*. **88**
4.10. Costo de los equipos *routers* CISCO modelo 2800. *Carrier 2*. **89**
4.11. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 3*. **89**
4.12. Costo de los equipos *routers* CISCO modelo 2800. *Carrier 3*. **90**
4.13. Cuadro comparativo de las propuestas económicas por *Carrier*. **91**
4.14. Cuadro de características en IP MPLS de los *Carriers*. **91**

CAPÍTULO 5
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IP MPLS **95**

5.1. Tareas del plan de implementación de la red IP MPLS de TOGA Alimentos. **106**
5.2. Orden de migración de los 14 sitios remotos del Switch Vanguard "Los Reyes 19". **107**
5.3. Orden de migración de los 14 sitios remotos del Switch Vanguard "Los Reyes 19". **107**

CAPÍTULO 6
EVALUACION DE LA RED IP MPLS **110**

6.1. Configuración de los parámetros de las interfaces WAN. **112**
6.2. Protocolo de pruebas de voz y de datos en la red IP MPLS. **114**

CAPÍTULO 7
RESULTADOS Y CONCLUSIONES **122**

7.1. Resultados del porcentaje pico de utilización de los enlaces locales. **123**
7.2. Comparativo del costo mensual total entre redes. **124**

PRÓLOGO

El presente trabajo de tesis plantea el diseño y la implementación de una red IP MPLS, basados en una red existente con plataforma *Frame-Relay*. La misma se basa en dos campos necesarios, uno dependiente del otro. Por un lado la ingeniería de hardware y por el otro la infraestructura del negocio, que convergen en la generación de un producto rentable: una red con plataforma IP MPLS.

En este proyecto se pretende contribuir a las crecientes herramientas de comunicaciones que se vienen realizando en los últimos años, tratando de desarrollar una implementación que ayude a la mejora de las comunicaciones dentro de la empresa TOGA Alimentos.

Por lo tanto, la elección de este tema de tesis reúne tres tipos de interés que todo trabajo de este tipo debe comprender:

Un interés empresarial, ya que mediante el uso de las redes de comunicación los ejecutivos adquirirán un rendimiento estratégico del negocio en cuanto a las comunicaciones, entre sus respectivos centros de negocios.

Interés profesional, puesto que se enmarca en los lineamentos actuales de la ingeniería de redes y los desarrollos realizados durante los últimos años en cuanto a normativa a utilizar en el diseño de las comunicaciones.

Finalmente un interés económico, ya que este trabajo de tesis pretende ser un aporte más al mejoramiento de los procesos en las reglas del negocio que beneficiará al área productiva, tomando en cuenta que el gasto que esto origine será redituable en un lapso menor a 4 años.

Este es un trabajo de relevancia en el ámbito empresarial y tecnológico, con la derivación económica que beneficiará a la empresa TOGA Alimentos.

Puntualizando, estructuralmente este proyecto de tesis se encuentra dividido en 6 capítulos, que abarcan desde antecedentes y conceptos de las comunicaciones, pasando por el

análisis de la infraestructura con una tecnología ya obsoleta para la operación de la empresa, hasta la implementación y migración de una red IP MPLS. Adicionalmente, se presentan las conclusiones.

Los primeros 3 capítulos son referentes a los marcos básicos de un trabajo de este tipo: Marco conceptual, Marco Teórico y Marco Contextual.

El capítulo 1, “Antecedentes y conceptos de las telecomunicaciones”, tiene la intención de describir cronológicamente el avance de la tecnología de redes y definir aquellos conceptos universalmente utilizados en el medio de las telecomunicaciones; conceptos, definiciones y teorías que son base del resto del proyecto.

El capítulo 2, “Introducción a las redes de telecomunicaciones”, pretende definir conceptos más técnicos de las redes de comunicaciones, con el fin de complementar al capítulo 1.

El capítulo 3, “Análisis de la red actual”, describe el panorama actual de la red existente en TOGA Alimentos, lo que nos permite establecer el funcionamiento y rendimiento de la misma; se incluye también el análisis de costos que servirá posteriormente como comparativo al implementar la nueva red.

Los 3 capítulos finales se refieren al análisis, desarrollo, construcción y la liberación de la solución. Estos capítulos definen la metodología más adecuada y la estrategia a seguir para este trabajo de tesis.

El capítulo 4, “Diseño de la red IP MPLS”, describe detalladamente el proceso de diseño de la nueva red, esto es, asignación de anchos de banda, plan de marcación, direccionamiento IP, equipo de infraestructura, etc., esto permite establecer las bases para la implementación.

El capítulo 5, “Implementación de la red IP MPLS”, contempla los escenarios ideales de implementación, las estrategias a seguir para dicha implementación, los tiempos asignados para tal efecto, etc.

El capítulo 6, “Evaluación y puesta a punto de la red IP MPLS”, pretende sentar las bases para la evaluación y depuración de la red implementada, donde los resultados en cuanto a desempeño, y relación costo beneficio serán calificados.

Los resultados y conclusiones, al igual que cualquier trabajo de este tipo, resume los resultados comparativos y la desviación entre lo esperado y lo obtenido, de tal manera que se explique finalmente el impacto general, económico y tecnológico, del beneficio resultante a favor de TOGA Alimentos.

La estructura de este trabajo escrito contempla adicionalmente, en su parte final, un apéndice que contiene el glosario de términos técnicos en el idioma inglés, mismos que son traducidos e interpretados al idioma español, de tal manera que el lector digiera más fácilmente la terminología técnica manejada en el medio de las redes. Dichos términos se pueden encontrar a lo largo del texto, son reconocidos por estar en mayúsculas y entre paréntesis. De esta manera se da comprensión y agilidad a la lectura.

INTRODUCCIÓN

TOGA Alimentos es una compañía creada por dos socios, quienes le dieron su nombre por medio de sus apellidos - Torres y García - la cual se dedica a la elaboración y conservas de frutas y legumbres. Actualmente TOGA Alimentos tiene una oficina corporativa, una planta principal de producción, así como 36 centros de distribución a lo largo y ancho del territorio nacional.

TOGA Alimentos, al igual que muchas empresas, tiene la necesidad de enviar y recibir información (voz, datos y video), para mantener comunicadas a sus diferentes entidades (oficina central, planta de producción y centros de distribución) ubicados todos ellos en distintos puntos geográficos. El intercambio de información le permite el desarrollo de sus actividades económicas y laborales, manteniendo así un control y administración adecuados de sus propios recursos y operación diaria.

Actualmente la compañía cuenta con una red de comunicaciones privada, es decir utiliza enlaces dedicados (conocidos también como enlaces privados) para transmitir y recibir información entre sus distintos sitios, además de contar con un acceso a Internet en sus oficinas centrales, el cual es compartido por todos los sitios de la red. Los enlaces dedicados son contratados directamente con un Proveedor de Servicios de Comunicaciones o *Carrier*. Asimismo, cuenta con equipos propios que funcionan con tecnología de transporte en *Frame Relay*, los cuales son conocidos como FRADS, es decir, tiene invertido capital de infraestructura de equipos de red, por lo que es responsable de la administración, operación y mantenimiento de su red.

El hecho de utilizar tecnología de transporte en *Frame Relay*, le permite a TOGA Alimentos una transmisión de datos a alta velocidad, así como una conexión permanente entre múltiples usuarios geográficamente dispersos, maniobrabilidad de tráfico con comportamiento variable, administración del ancho de banda bajo demanda del usuario, flexibilidad y capacidad para ajustarse a la demanda del usuario, flexibilidad y capacidad para ajustarse a la demanda de datos y la posibilidad de combinar aplicaciones de voz y video.

A pesar de estas características y debido a los avances tecnológicos, la red actual de TOGA Alimentos es obsoleta, ya que los equipos FRADS están prácticamente en desuso y se tiene un alto costo por el mantenimiento preventivo y correctivo de dichos equipos, así como por el costo de la renta mensual de los enlaces dedicados de la red privada en *Frame Relay*, por lo que, TOGA Alimentos tiene el reto de migrar su red de comunicaciones.

En este trabajo de tesis presentamos la migración de la red actual hacia una red IP MPLS que es una plataforma tecnológica no emergente, eficaz y madura. IP MPLS garantiza una forma más eficiente de realizar las comunicaciones de datos, voz, video e Internet, a través de una plataforma que posee la característica de calidad de servicio de extremo a extremo en cada uno de los sitios; permite, además, un incremento en la velocidad de la información en la red, además de integridad y seguridad en la misma, sin olvidar el significativo ahorro en gastos operativos, factor primordial en cualquier empresa.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo de tesis es diseñar e implementar una red IP MPLS para la empresa TOGA Alimentos, quien actualmente cuenta con una red privada basada en la tecnología de transporte en *Frame Relay*.

ALCANCE

Lograr la implementación de una red IP MPLS a partir de una red privada, basada en la tecnología de transporte en *Frame Relay*. Para ello, plantearemos la solución técnica y económica del diseño de la red, así como de los equipos de comunicaciones que soportan IP MPLS, sustituyendo así por una parte, los enlaces dedicados de la red privada y por otra, los equipos FRADS que posee actualmente, para continuar siendo la responsable de la administración, operación y mantenimiento de los equipos de comunicaciones.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y CONCEPTOS DE LAS TELECOMUNICACIONES

En este capítulo se presentaran de manera general aquellos conceptos que serán necesarios en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

1.1. Antecedente cronológico de las redes de telecomunicaciones

El concepto de red no es nuevo, ya que las antiguas civilizaciones contaban con redes de comunicación, servicios y transportes.

En México, en la antigua Tenochtitlan, en el centro del país, los antiguos Aztecas comercializaban pescado fresco del Atlántico, el cual era transportado hasta la capital del imperio a través de una red de corredores. El agua potable por ejemplo, se distribuía a través de un complejo sistema de acueductos, y la ciudad contaba con una red de desagüe eficiente. Estas últimas redes aprovechaban la gravedad para llevar el agua de un lado a otro.

Sea como fuere, desde entonces los conceptos básicos para una red han mantenido su nombre y su objetivo sigue siendo el mismo: compartir recursos para hacer eficientes sus procesos y optimizar los resultados. Así pues, mientras que la capacidad máxima de

desplazamiento de una persona, animal o cosa era compartida, se reducía el tiempo de transporte.

Década de los 40's y 50's

En la década de los 40's, los computadores eran enormes dispositivos electromecánicos que eran propensos a sufrir fallas. En 1947, la invención del transistor semiconductor permitió la creación de computadores más pequeños y confiables. En la década de los 50's las computadoras centrales (*MAINFRAME)*, que funcionaban con programas en tarjetas perforadas, comenzaron a ser utilizados habitualmente por las grandes instituciones. A fines de esta década, se creó el circuito integrado, que combinaba muchos y, en la actualidad, millones de transistores en un pequeño semiconductor.

Década de los 60's y 70's

En la década de los años 60's y comienzos de los 70's, el ambiente tradicional de comunicación por computadora se centraba alrededor de un dispositivo o equipo (*HOST)*. El ambiente computacional centralizado del pasado requería líneas de acceso de baja velocidad que utilizaban terminales tontas para comunicarse al *mainframe*. Las computadoras *IBM* con redes y computadoras de otras marcas conectadas a redes públicas de datos, como por ejemplo la "*X.25*", son casos típicos de este tipo de ambiente.

El Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet *(TCP/IP)*, hizo su aparición a finales de los años 60, cuando la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa de los Estados Unidos *(DARPA),* creó una asociación con las universidades de los EE.UU. y otros organismos de investigación para trabajar sobre nuevas tecnologías de comunicación de datos. Se lanzó un proyecto de Red de Agencia de

Proyectos de investigación Avanzada (*ARPANET*), que tuvo su pronta aprobación y financiamiento por parte del departamento de defensa de los EE.UU.

En 1969 comenzó a funcionar una versión experimental con cuatro nodos (enlaces). El experimento fue un éxito, a partir de este punto, comenzó a extenderse por los EE.UU. En 1975 la Agencia de Comunicación para la Defensa *(DCA)*, asumió la responsabilidad del funcionamiento de la red, que aún era considerada una red de investigación.

Los protocolos iniciales de *ARPANET* eran lentos y experimentaban frecuentes fallas. En 1974, Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn (denominados los padres de Internet) propusieron en un artículo el diseño de un nuevo núcleo de protocolos, la base del desarrollo para el *TCP* y el *IP*.

Hacia fines de la década de 1960 y durante la década de 1970, se inventaron computadoras más pequeñas, denominadas minicomputadoras; sin embargo, estas minicomputadoras seguían siendo muy voluminosas en comparación con los estándares modernos. En 1977, la empresa *APPLE* presentó el microcomputador, conocido también como computadora personal (*PC*).

Década de los 80's y 90's

La introducción de la *PC* revolucionó la comunicación tradicional y las redes de computadoras. Inicialmente las *PC* eran dispositivos que trabajaban aisladamente.

Conforme los negocios se daban cuenta de la flexibilidad y potencia de estos dispositivos su uso se incrementó. Las redes locales evolucionaron primordialmente para decrementar el costo excesivo de equipos tales como impresoras, discos duros, entre otros.

La importancia estratégica de las redes interconectadas fue descubierta rápidamente. Las organizaciones comenzaron a migrar de sus redes locales aisladas hacia redes interconectadas. Las redes interconectadas proporcionaron la base para aplicaciones con extensión empresarial como correo electrónico y transferencia de archivos. Éstas a su vez incrementaron la productividad y la competitividad en las empresas.

En 1984 la *ARPANET* original sufrió una división en dos partes: Una se siguió llamando *ARPANET* y se dedicó a la investigación y desarrollo. La otra se llamó red militar (*MILNET),* dedicada al desarrollo e investigación de redes militares no clasificadas.

A mediados de la década de 1980, las tecnologías de red que habían emergido se habían creado con implementaciones de partes físicas *(HARDWARE)* y partes lógicas *(SOFTWARE)* distintas. Cada empresa dedicada a crear hardware y software para redes, utilizaba sus propios estándares corporativos. Estos estándares individuales se desarrollaron como consecuencia de la competencia con otras empresas. Por lo tanto, muchas de las nuevas tecnologías no eran compatibles entre sí. Se tornó cada vez más difícil la comunicación entre redes que usaban distintas especificaciones. Esto a menudo obligaba a deshacerse de los equipos de la antigua red al implementar equipos de red nuevos.

A mediados de la década de 1980, los usuarios con computadoras autónomas comenzaron a usar moduladores y/o demoduladores llamados *MODEM* para conectarse con otras computadoras y compartir archivos. Estas comunicaciones se denominaban comunicaciones punto a punto o de acceso telefónico. El concepto se expandió a través del uso de computadoras que funcionaban como punto central de comunicación en una conexión de acceso telefónico. Los usuarios se conectaban y depositaban o levantaban mensajes, además de cargar y descargar archivos. La desventaja de este tipo de sistema era que había poca comunicación directa, y únicamente con quienes conocían este sistema. Otra limitación era la necesidad de un *modem* por cada conexión a la computadora. Si cinco personas se conectaban simultáneamente, hacían falta cinco *modems* conectados a cinco líneas telefónicas diferentes. A medida que crecía el número de usuarios interesados, el sistema no pudo soportar la demanda. Imaginemos, por ejemplo, que 500 personas quisieran conectarse de forma simultánea.

En 1981 *IBM* presentó su primer computador personal. La *PC* de *IBM* de arquitectura abierta y la posterior “microminiaturización” de los circuitos integrados dio como resultado el uso difundido de las computadoras personales en hogares y empresas.

1.2. Señales de comunicación

Al hablar de sistemas de comunicación resulta imprescindible hacer mención especial de la diferenciación que hay entre los dos tipos de señal que existen, las cuales son analógicas y digitales, así como de sus características físicas y eléctricas. Dichos tipos de señal en conjunto son actualmente de vital importancia en la vida social y económica del mundo.

1.2.1. Señales analógicas

La señal analógica es aquella que presenta un valor para cualquier instante de tiempo. También es una señal continua en el tiempo, se puede decir que es "pura" u "original". La señal resultante que se conoce como señal analógica tiene la forma de onda. Esta señal analógica tiene cambios muy repentinos, lo cual no asegura una buena transmisión; debe ser convertida nuevamente en una señal digital. Una señal analógica es también aquella función matemática continua en la que es variable su amplitud (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente contenidas en una señal de este tipo son intensidad de corriente, voltaje, potencia, presión, temperatura, etcétera.

Las señales de cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles de ser alteradas de forma no deseada, de diversas maneras mediante el ruido, lo que ocurre siempre en mayor o menor medida. La gran desventaja de las señales analógicas respecto a las señales digitales es que en estas cualquier variación en la información es de difícil recuperación y esta pérdida afecta en gran medida al correcto funcionamiento y rendimiento de los dispositivos analógicos.

Transmisión analógica

En una transmisión de señales analógicas, por ejemplo la voz, éstas son enviadas desde un extremo transmisor y recuperadas en un extremo receptor. Desde sus inicios la transmisión de la voz se realizó en su modalidad analógica, es decir, que las señales de voz son

convertidas en señales eléctricas por medio de un micrófono (generalmente de carbón) que hace las funciones de un transductor, "calcando" la señal acústica de voz original en una eléctrica, aunque este proceso es fiel en el instante mismo de la conversión, al transmitirlo se va degenerando y perdiendo (o atenuando) en el mismo medio. Por lo anterior se ha recurrido a la transmisión digital.

1.2.2. Señales digitales

Nos encontramos en una transición hacia el mundo digital. Día con día convivimos con nuevas tecnologías de naturaleza digital que están reemplazando a sus similares analógicos. Lo que está sucediendo tiene su razón de ser. Entre otras cosas, las señales digitales ofrecen mayor inmunidad al ruido, permiten detectar y corregir errores, aseguran un menor consumo de energía y ofrecen la posibilidad de codificar la información y utilizar técnicas de compresión de datos.

Para expresar una señal digital binaria se emplean solamente 2 dígitos o valores (0 y 1) esta señal no es continua en el tiempo y puede generarse en un equipo electrónico.

La principal razón por la que no podemos medir la calidad de una señal digital de la misma manera o con los mismos parámetros a como suele hacerse con señales analógicas, es la propia naturaleza de las señales digitales. A diferencia del mundo analógico, el espectro en frecuencia de una señal digital no revela directamente los atributos de la señal ni muchos de los problemas que ésta pudiera presentar. De igual forma, resulta imposible identificar el tipo de información que transporta la señal, es decir, si se trata de un canal de televisión, voz o datos.

Transmisión digital

La transmisión digital se basa en convertir la señal original en otra equivalente que está codificada con sólo 2 valores (unos y ceros).

El proceso de convertir una señal de voz analógica a digital requiere la aplicación de una técnica de codificación o modulación llamada modulación por pulsos codificados *(PCM)*, la cual será detallada en este mismo subtema y en la cual, a pesar de que fue desarrollada por Claude Snannon y paralelamente por Nyquist, no fue sino hasta hace algunas cuantas décadas, que gracias a la electrónica pudo implementarse físicamente.

Modulación PCM

La modulación *PCM* es el proceso mediante el cual la voz es convertida de analógica a digital, a través de tres pasos, que son: el muestreo, la cuantificación y la codificación. Mediante este proceso se optimizan las comunicaciones, al convertir 30 canales de voz en un par de señales a nivel digital.

Las características principales de las etapas de la modulación *PCM* son:

- **Muestreo**: En esta etapa se toman "muestras" de la señal analógica de voz a un intervalo de tiempo regulares. Por ejemplo, en el caso de la voz, ésta tiene frecuencias que llegan hasta 4 kHz, y de acuerdo al teorema de Nyquist, para poder representarla es necesario muestrear, cada 8 kHz, cada125 microsegundos.
- **Cuantificación**: Es el proceso mediante el cual a las muestras tomadas se les asigna un valor determinado, ya preestablecido en una tabla, con el fin de que puedan ser codificadas. La cuantificación conlleva necesariamente a un error llamado "Ruido de Cuantificación", que puede minimizarse si el número permitido de niveles de amplitud son lo suficientemente grandes.
- **Codificación**: Una vez que las muestras están cuantificadas se codifican, es decir, a cada muestra cuantificada se le asigna una palabra binaria o digital de 8 bits. El número total de valores o niveles cuantificados es de 256.

Los pulsos codificados son los que serán enviados por el medio de transmisión que seleccionemos. Si queremos, podemos verlos como la voz ya convertida en "unos" y "ceros".

Por otro lado, cuando hablamos de señales digitales, su transmisión y su método de transformación, es necesario agregar algunos términos adicionales que nos permitirán comprender el fenómeno de estas señales de comunicación. Dichos términos son características intrínsecas a la naturaleza de las señales y juegan un papel fundamental en su desarrollo y mejora actual.

Ancho de banda

Podemos definir el ancho de banda como el rango de frecuencias en las que opera óptimamente un sistema. El ancho de banda está comprendido entre un límite superior y un límite inferior y se mide en *Hertz* (Hz) para un sistema analógico. En el caso de un sistema digital, la capacidad de transmisión se mide en bits por segundo (bps); en la práctica, para sistemas digitales, los términos capacidad de transmisión, velocidad de transmisión y ancho de la banda se utilizan indistintamente.

Por ejemplo, para la señal de voz, ésta se muestrea a 8 000 muestras por segundo y se codifica a 8 bits, por lo que según el teorema de Nyquist, tendremos el siguiente ancho de banda para la voz codificada en *PCM*:

8 000 muestras / segundo X 8 bits codificados = 64 000 bits / segundo.

Multiplexaje

La importancia que para los sistemas de redes tiene el multiplexaje hoy en día radica en que son el sustento de los enlaces. En el campo de las telecomunicaciones el multiplexor se utiliza como dispositivo que puede recibir varias señales de entrada y transmitirlas por un medio compartido. Para ello, lo que hace es dividir el medio de transmisión en múltiples canales, para que varias señales puedan transmitirse al mismo tiempo. Comúnmente, una señal que está multiplexada debe demultiplexarse en el otro extremo.

Según la forma en que se realice esta división del medio de transmisión, existen varias clases de multiplexación, pero para fines de este trabajo de tesis sólo nos referimos al siguiente multiplexor: Multiplexor digital de alto orden.

Multiplexores digitales de alto orden

Los multiplexores digitales de alto orden son los equipos que se utilizan para entregar distintos anchos de banda en diversos medios de transmisión. Los anchos de banda que manejan estos multiplexores se definen en las normas que describen las jerarquías de señales digitales, que se verán más adelante, así como los medios de transmisión. Para entregar los anchos de banda, los multiplexores digitales de alto orden manejan *Tramas*, las cuales no son más que paquetes de datos.

Con base en acuerdos internacionales, se ha definido que una señal con ancho de banda de 64 kbps es un canal de transmisión. La trama con un ancho de banda de 2 Mbps se obtiene como resultado de multiplexar 30 canales más 2 canales, uno de alineamiento y otro de señalización de 64 kbps. (32 canales x 64 kbps = 2.048 Mbps). El siguiente orden de multiplexación se formaría a partir de multiplexar 4 tramas de 2.048 Mbps dando como resultado la trama de 8.448 Mbps. El siguiente orden se obtiene al multiplexar 4 tramas de 8.448 Mbps, dando lugar a la trama de 34.368 Mbps. La trama de 132.6 Mbps, se obtiene como resultado de multiplexar 4 tramas de 34.368 Mbps.

Es importante señalar que la trama de 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps y 132 Mbps, forman los anchos de banda de los enlaces que se utilizan en telecomunicaciones y por ende, de las redes de comunicaciones que utilizan las empresas para enviar y recibir información entre ellas.

Jerarquías digitales de señales

En la comunicación digital de datos existen 2 diferentes procesos de multiplexión de señales tributarias de la información: Jerarquía Digital Síncrona *(SDH)* y Jerarquía Digital Plesiócrona (*PDH*). La primera se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, ya que SDH es el estándar internacional de comunicaciones aceptado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones *(UIT)* para redes de transmisión de alta capacidad. Tecnologías como *ATM, IP MPLS o ADSL* se apoyan en *SDH* para alcanzar los anchos de banda de alta capacidad. Una extensión de la trama síncrona de 2 Mbps dio

origen a la Jerarquía Digital Plesiócrona, con tendencia hacia velocidades superiores. *PDH* es el conjunto de sistemas de transmisión digital desarrollados inicialmente en 1962 para la transmisión digital de voz, pero con el paso del tiempo fueron empleados para transmitir otros tipos de información como datos y video. El termino *PDH* comenzó a emplearse para hacer referencia a todo el conjunto de sistemas de transmisión digital existentes, tanto del sistema de telefonía americano como del europeo.

El término de Jerarquía Digital se debe a que en *PDH* los sistemas de transmisión digital se agrupan en niveles jerárquicos, según su capacidad de transporte.

La Jerarquía *PDH* es una tecnología usada en telecomunicación, tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.

El término *plesiócrono* describe la forma en que operan los equipos de los sistemas de transmisión digital (se deriva del griego *plesios:* cercano, próximo, casi; y *chornos*: tiempo), y se refiere al hecho de que las redes *PDH* funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente, sincronizadas. La tecnología *PDH*, por ello, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad, pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal gracias a la forma en la que se forman las tramas.

PDH se basa en canales de 64 kbps, llamados señal digital “0” (*DS0),* en cada nivel de multiplexación se van aumentando el número de canales sobre el medio físico. Además de los canales de voz en cada trama viaja información de control, que se añade en cada nivel de multiplexación, por lo que el número de canales transportados en niveles superiores es múltiplo del transportado en niveles inferiores.

Existen tres jerarquías *PDH*: la europea, la americana y la japonesa. La europea usa la trama descrita en la norma G.732 de la *UIT*, mientras que la americana y la japonesa se basan en la trama descrita en G.733. Al ser tramas diferentes, habrá casos en los que para poder unir dos enlaces que usan diferente norma haya que adaptar uno al otro, en este caso siempre se

convertirá la trama al usado por la jerarquía europea. En México se utiliza la jerarquía europea para la transmisión o flujo de datos, en el desarrollo de este trabajo de tesis solo nos referiremos a la norma G.703, la cual se incluye y define en la norma G.733 y se refiere a tramas con un ancho de banda de 2 Mbps en *PDH*. Asimismo nos referiremos a tramas con un ancho de banda de canales de 64 y múltiplos de 64 kbps *(NX64)*.

Los enlaces dedicados con anchos de banda NX64 se conocen también servicios digitales de NX64.

En la tabla 1.1 se muestran los distintos niveles de multiplexación *PDH* utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) y Europa.

Norteamérica			**Europa**		
Canales	Mbit/s	Denominación	Canales	Mbit/s	Denominación
24	1,544	(T1)	30	2,048	(E1)
96	6,312	(T2)	120	8,448	(E2)
672	44,736	(T3)	480	34,368	(E3)
2016	274,176	(T4)	1920	139,264	(E4)

Tabla 1.1. Niveles de Multiplexión PDH en Norteamérica y Europa.

En la tabla 1.2, se indican las velocidades y capacidades disponibles en México para servicios nacionales e internacionales. En México, un canal de 64 kbps tomó el nombre de *DS0*, a pesar de que se utiliza la norma europea.

Capacidad	**Ancho de banda (Mbps)**	**Equivalencias**
E1	2.048	32*DS0 (64)
E3	34.368	480*DS0 (64)

Tabla 1.2. Capacidades disponibles en México para servicios nacionales e internacionales.

1.3. Medios de transmisión

La transmisión de señales es el envío de información de un lugar a otro, utilizando un medio para el transporte de dicha información. El medio puede ser alámbrico (por ejemplo: fibra óptica, cable coaxial, par trenzado, etc.) o inalámbrico (ejemplo: microondas, radio frecuencia, etc.).

Para los fines que persigue el presente trabajo, enfocaremos la información a la breve descripción de dos medios de transmisión alámbrica, que serán materia de uso dentro de nuestro proyecto, estos son:

Par trenzado

El medio guiado más barato y más usado es el par trenzado no protegido (*UTP*). Consiste en un par de cables aislados para cada enlace de comunicación. Debido a que puede haber acoples entre pares, estos se trenzan con pasos diferentes, La utilización del trenzado tiende a disminuir la interferencia electromagnética. Este tipo de medio es el más utilizado debido a su bajo costo (se utiliza mucho en telefonía), pero su inconveniente principal es su poca velocidad de transmisión y su corta distancia de alcance. Con estos cables se pueden transmitir señales analógicas o digitales.

El par trenzado sin blindaje es el más barato aunque el menos resistente a interferencias, sin embargo, se utiliza con éxito en telefonía y en redes de área local. A velocidades de transmisión bajas, los pares blindados son menos susceptibles a interferencias, aunque son más caros y más difíciles de instalar.

Cable coaxial

Consiste en un cable conductor interno (cilíndrico) separado de otro cable conductor externo por anillos aislantes o por un aislante macizo, Todo esto se recubre por otra capa aislante que es la funda del cable. Este cable, aunque es más caro que el par trenzado, se puede

utilizar a más larga distancia, con velocidades de transmisión superiores, menos interferencias y permite conectar más lugares o estaciones.

Se suele utilizar para televisión, telefonía, larga distancia, redes de área local, conexión de periféricos a corta distancia, etc. Se utiliza para transmitir señales analógicas o digitales. Sus inconvenientes principales son: atenuación, ruido térmico, ruido de intermodulación, etc.

En la tabla 1.3 se puede observar las características especiales entre los diversos medios de transmisión, así como diferentes longitudes, rango de transmisión y costos.

CARACTERÍSTICAS	COAXIAL THINNET (10 Base 2)	COAXIAL THICKNET (10 Base 5)	PAR TRENZADO (10 Base T)	FIBRA ÓPTICA
Costo	Más caro que el Par Trenzado	Más caro que el thinnet	El más barato	El más caro
Máxima longitud del cable	185 m	500 m	100 m	2 km
Rango de transmisión	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	100 Mbps
Flexibilidad	Medianamente flexible	Poco flexible	Muy flexible	Nula
Facilidad de instalación	Fácil de instalar	Fácil de instalar	Muy fácil de instalar	Difícil de instalar
Susceptibilidad de interferencia	Buena resistencia a la interferencia	Buena resistencia a la interferencia	Susceptible a la interferencia	No susceptible a la interferencia
Características especiales	Componentes electrónicos menos caros que el Par Trenzado	Componentes electrónicos menos caros que el Par Trenzado	Mismo calibre de cable que el telefónico	Soporta voz, datos y video

Tabla 1.3. Características de diferentes medios de transmisión.

1.4. Protocolo de inicialización de sesiones

El Protocolo de Inicialización de Sesiones *(SIP)* es un protocolo desarrollado por el Grupo de Trabajo de Ingeniería en Internet (*IETF*), con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario, donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual. En Noviembre del año 2000, SIP fue aceptado como el protocolo de señalización de la 3ª.generación de proyectos *(3GPP). SIP* es uno de los protocolos de señalización para voz sobre IP, acompañado por el protocolo de comunicaciones de audio en paquetes *H.323*.

SIP es usado simplemente para iniciar y terminar llamadas de voz y video. Todas las comunicaciones de voz/video van sobre el protocolo de transporte en tiempo real (*RTP*).

Un objetivo de *SIP* fue aportar un conjunto de las funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la red pública conmutada de telefonía. Así, implementó funciones típicas que permite un teléfono común, como son; llamar a un número, provocar que un teléfono suene al ser llamado, escuchar la señal de tono o de ocupado.

SIP también implementa muchas de las más avanzadas características del procesamiento de llamadas del sistema de señalización # 7 (*SS7*), aunque los dos protocolos son muy diferentes. SS7 es altamente centralizado, caracterizado por una compleja arquitectura central de red y unas terminales tontas (los tradicionales teléfonos de auricular). *SIP* es un protocolo punto a punto (también llamado P2P). Como tal requiere un núcleo de red sencillo (y altamente escalable) con inteligencia distribuida en los extremos de la red, incluida en los terminales (ya sea mediante hardware o software).

Una vez identificados aquellos antecedentes y conceptos esenciales en los sistemas de comunicación, es importante ahora profundizar más en los conceptos y definiciones de redes que serán de gran importancia en el desarrollo del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

En este capítulo se tratarán los principales aspectos relacionados con las redes de telecomunicaciones, como son, los tipos, las tecnologías, los protocolos de comunicación y los procesos de encapsulación de los datos. Lo anterior tiene como finalidad el dar una breve explicación, para comprender como se genera la transmisión de datos entre diferentes computadoras en una red local o en una red remota.

2.1. Redes de telecomunicaciones

Dentro del ambiente de las redes de comunicación de datos existen varios tipos de redes; las redes de área local, denominadas *LAN*; las de área amplia, conocidas como *WAN*, y las redes de área metropolitana, conocidas como *MAN*. Es competencia de este trabajo de tesis hablar sólo de las dos primeras.

2.1.1. Redes de área local (LAN)

Las características más importantes de las redes LAN son:

- Operan dentro de un área geográfica limitada, por ejemplo una red corporativa, un campus, un edificio, etc.
- Permiten el acceso de banda múltiple a medios que manejan grandes anchos de banda.
- Se administran en forma privada.
- Proporcionan conectividad de tiempo completo con servicios locales.
- Conectarse físicamente con dispositivos adyacentes.
- Proveen conexión a múltiples dispositivos (PC, impresoras, servidores, etc.) que demandan grandes anchos de banda.
- La empresa es dueña de la infraestructura necesaria, de tal manera que pueden administrar los recursos de la red en forma privada.
- Usualmente están disponibles servicios locales. Las redes LAN raramente evitan o restringen el acceso a las estaciones de trabajo conectadas.

Por definición, las redes LAN conectan físicamente dispositivos adyacentes a un medio de comunicación común, como por ejemplo un cable coaxial.

Los dispositivos empleados comúnmente en las redes LAN son:

- **Puente (*BRIDGE*)**. Son dispositivos que conectan segmentos de la red LAN y auxilian en el filtrado de tráfico.
- **Concentrador (*HUB*)**. Son equipos que concentran la conexión LAN y permiten el uso de cable *UTP* (par trenzado). También existen hubs administrativos que proveen servicios hasta de 1000 Mbps por fibra o cableado de cobre.
- **Dispositivos de interconexión de redes (*SWITCH ETHERNET*)**. Son equipos que dedican anchos de banda por segmentos de red (10 Mbps, 100-Mbps) y permiten conexiones en ambas direcciones de envío y recepción, llamados *FULL DUPLEX*.
- **PROXY**. Son equipos *PC* llamados servidores, que identifican a los usuarios que están permitidos a utilizar la red LAN exclusivamente. Estos equipos permiten un cierto grado de seguridad, evitando intromisiones de usuarios externos no permitidos a utilizar la red LAN.

Como se describió anteriormente, una LAN es una red que cubre un área geográficamente limitada. En forma más específica es aquella que interconecta a sus dispositivos de red a través de un mismo medio de transmisión. La forma en que físicamente se conecta estás redes se denomina topología y varía dependiendo de la tecnología ocupada. Actualmente existen varios tipos topologías LAN, abarcando redes que hacen uso de cables, hasta redes inalámbricas. Sin embargo, las de uso más común son sólo tres, las cuales se mencionan a continuación:

- ***ETHERNET***. La primera y principal de las tecnologías LAN.
- ***TOKEN RING***. Denominada de anillo, desarrollada por *IBM*, sin embargo, ocupa un medio de transmisión diferente lo cual le confiere características especiales.
- **Interfaz de datos distribuida por fibra *(FDDI)***. Se basa en la tecnología de anillo o *Token Ring*, sin embargo, ocupa un medio de transmisión diferente (fibra óptica), lo cual, al igual que el anterior, le confiere características más especiales.

El estudio de cada una de las topologías requiere grandes extensiones de información, pero para términos prácticos del presente trabajo, únicamente haremos mención de algunas características de la topología Ethernet.

Ethernet (IEEE802.3)

La empresa *XEROX* efectuó el desarrollo inicial de Ethernet y se unió con las empresas *DIGITAL EQUIPMENT* e *INTEL* para definir la especificación Ethernet I en 1980. El mismo grupo liberó subsecuentemente la especificación Ethernet II en 1984.

La red Ethernet utiliza un medio de transmisión común al que se conectan directamente todos los dispositivos. Este medio de transmisión puede presentar una topología de *Bus* o de estrella. Las redes Ethernet con topología de bus, conectan a sus dispositivos por medio de un cable coaxial central, del cual se tiende una derivación por cada estación que se conecta a la red.

En las redes con topología de estrella, el cable central se sustituye por un dispositivo llamado *HUB* o concentrador, el cual realiza las mismas funciones del cable central. Este dispositivo cuenta con varios puertos de conexión. La conexión de los dispositivos se realiza medianteo un cable *UTP* propio de estas redes, desde la interfaz de red de cada dispositivo hasta uno de los puertos del concentrador, lo cual le confiere la forma estrella. Independientemente de la topología, el principio del funcionamiento de la red es el mismo. Este tipo de redes trabajan a una velocidad promedio de 10 Mbps (en versiones anteriores de Ethernet se operaba a 3 Mbps), utilizando un protocolo de acceso al medio conocido como Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones *(CSMA/CD)*, el cual realiza un control de gestión y detección de errores en la transmisión de la información de datos en la red LAN.

CSMA/CD establece la comunicación entre dispositivos, verificando el canal, para ver si existe alguna transmisión en curso. Si no se detecta transmisión alguna en un periodo específico, el dispositivo que inicia la comunicación puede transmitir. Si dos dispositivos transmiten simultáneamente, se presenta una colisión, ésta es detectada por los dispositivos involucrados en dicha colisión, por lo que dichos dispositivos dejan de transmitir la señal momentáneamente hasta comprobar que el paquete de datos va dirigido al dispositivo receptor adecuado.

En el protocolo Ethernet existen varios estándares de cableado para la transmisión de datos, los tres más comunes para todo tipo de redes son:

- **10 Base2**. Conocido como Ethernet delgado, el cual permite segmentos de red de hasta 185 metros con cable coaxial (Implica una topología de bus). Su velocidad máxima es de 10 Mbps.
- **10 Base5**. Conocido como Ethernet grueso, el cual permite segmentos de red de hasta 500 metros con cable coaxial (Topología de bus). Su velocidad máxima es de 10 Mbps.
- **10/100 Base-T.** Utiliza cable *UTP*, permitiendo segmentos de red de hasta 100 metros de longitud. Se utiliza en topología estrella. Su velocidad máxima es de 100 Mbps.

2.1.2. Redes de área amplia (WAN)

Las redes WAN conectan dispositivos separados por áreas amplias y operan más allá del panorama geográfico de las redes LAN. Utilizan los servicios de Proveedores de Servicios, llamados *Carriers*, quiénes proporcionan un enlace primario activo a través de un anillo principal de enlaces que utilizan medios de transmisión con fibra óptica, que forman su red primaria, así como de rutas de respaldo, a través de un anillo secundario. Las empresas pagan al *Carrier* o Proveedor del Servicio las conexiones utilizadas en la WAN.

Las redes WAN están diseñadas para:

- Operar sobre la geografía del *Carrier.*
- Permitir acceso sobre interfaces seriales operando a velocidades más bajas.
- Proporcionar conectividad de tiempo completo y por demanda.
- Dispositivos separados sobre áreas amplias, incluso globales.
- Controlar las políticas de acceso a la red del *Carrier*.
- Conectar redes separadas geográficamente.

Los dispositivos empleados comúnmente en las redes WAN son:

- **Interruptores *(Switchs WAN)***. Son equipos que conectan a toda la red WAN entre sí y realizan la conmutación de información de datos, de voz y de video, a través de enlaces de alta velocidad mediante el uso de distintos tipos de tecnología de transporte, las cuales pueden ser *X.25, FRAME RELAY, ATM o IP MPLS*. Estos interruptores WAN pueden compartir ancho de banda entre prioridades de servicio bien ubicadas, recuperar interrupciones del servicio de transmisión de información y proporcionar sistemas de administración de la propia red.

- **MODEM**. De estos equipos hay dos tipos: unos que conectan *PC* sobre distancias relativamente limitadas, tales como el interior de un edificio, el campus de una universidad o dentro de una misma ciudad, a través de líneas telefónicas. También puede ser entre ciudades. Los segundos, son equipos que utilizan interfaces seriales

para conectarse a un enlace de una red WAN con un ancho de banda de 64 kbps hasta 2 Mbps, superando problemas de alcance y ruido, usando técnicas especiales de modulación y de ecualización de línea, que permiten la comunicación sin errores a través de mayores distancias. La diferencia entre ambos modems es evidentemente la velocidad de transmisión, así como la eficiencia de la misma. Los *modems* en las redes WAN se conocen como unidad de servicios de datos (*CSU/DSU)*.

- **Multiplexores**. Son equipos que comparten una red WAN junto con varios canales de demanda, es decir, comparten un medio de transmisión para enviar señales provenientes de diferentes fuentes a través de él, de forma tal que, cada fuente de señal de datos, de voz o de video, tengan un canal propio en el medio de transmisión.

- **Enrutadores *(ROUTERS)***. Son los equipos que permiten la integración de las redes WAN con las redes LAN. Este concepto se le conoce como *Internetworking* o bien como la interconexión de redes que integran sus servicios. Las redes LAN se conectan hacia la red WAN por medio de un *router*, el cual se conecta a su vez a un *CSU/DSU*, que permite la conexión con un enlace o servicio digital desde NX64 hasta 2 Mbps. Los *Routers* detectan y memorizan las diferentes redes de la red WAN a nivel mundial y eligen la mejor ruta para llegar a una red en específico, la memorización de esta información la guardan en tablas, llamadas de ruteo, de tal forma que encuentran la ruta disponible y más cercana para alcanzar su destino y enviar la información a donde se desee.

- **Muro de fuego (*FIREWALL*).** Un firewall es un dispositivo que funciona como pared de paso entre redes, permitiendo o denegando las transmisiones de información de una red a la otra. Un uso típico es situarlo entre una red local y la red Internet, como dispositivo de seguridad para evitar que los intrusos puedan acceder a información confidencial. Un firewall es simplemente un filtro que controla todas las comunicaciones que pasan de una red a la otra y en función de lo que sean permite o deniega el paso de la información. Para permitir o denegar una comunicación el firewall examina el tipo de servicio al que corresponde, como pueden ser el web, el correo. Dependiendo del servicio el firewall decide si lo permite o no. Además, el

firewall examina si la comunicación es entrante o saliente y dependiendo de su dirección puede permitirla o no. La diferencia entre un *PROXY* y un *FIREWALL* es que el primero sólo identifica el acceso de cada usuario, mientras que el segundo protege y previene de un ataque proveniente generalmente de la red pública de Internet. El firewall puede ser un dispositivo de hardware o bien un programa de software que controla y examina el tráfico de acceso de entrada y salida desde y hacia la red pública, a través de políticas y filtrado del tráfico entre dichas redes.

2.1.3. Redes privadas y redes públicas

Cuando el cliente invierte en la infraestructura de su red se le denomina "Red privada Virtual *(VPN)".* El cliente es dueño de los equipos y responsable de su administración operación y mantenimiento. Los enlaces que conforman la red son dedicados y el cliente los contrata directamente con el *Carrier* correspondiente.

La red pública es la red propiedad de un *Carrier*, quien renta su infraestructura para que un gran número de empresas la compartan, sin necesidad de invertir en infraestructura propia, y puedan gozar de todas los servicios de red en forma individual. La administración, operación, supervisión y mantenimiento de la red son responsabilidad del *Carrier*. De esta forma la red privada del *Carrier* se convierte en la red pública o red privada virtual del o de los usuarios que la comparten.

Las tecnologías de transmisión de datos empleados en las redes públicas están a la vanguardia en las comunicaciones y ofrecen una amplia gama de servicios de valor agregado.

Las ventajas que representan las redes públicas *versus* las redes privadas son:

- Optimización de ancho de banda de los enlaces dedicados, los cuales son compartidos por los usuarios.

- Utilización de tecnologías de punta para el transporte de voz, de datos y de video, las cuales contemplan servicios de valor agregado de la información.
- Convergencia de servicios de voz, de datos y de video en un mismo equipo.
- Menor número de puertos y enlaces requeridos por proyectos.
- Flexibilidad de crecimiento o implementación de proyectos.
- Costos bajos.

Las redes públicas o redes privadas virtuales que ofrecen los *Carriers*, mejor conocidas como *VPN,* pueden estar basadas en el protocolo *IP, Frame Relay o ATM*. En particular para las redes que manejan protocolo IP existen 2 tipos, públicas y privadas:

- **Públicas (Internet)**. Estas redes funcionan sin garantía de servicio (calidad y velocidad) pero con gran cobertura; hacen uso de la Red de Telefonía Local, conocida como red telefónica pública conmutada *(PSTN)*.
- **Privadas de Conmutación de Multiprotocolos por Etiqueta *(MPLS)***. En este tipo de Redes, el operador ofrece garantías de seguridad y velocidad, permitiendo así ofrecer distintas clases de servicio (voz, video, datos de diferente criticidad, etc.) dentro de su red.

La opción que se presenta en este trabajo de tesis plantea una solución basada en la diseño de una Red *IP MPLS*.

2.2. Redes de telecomunicaciones

Recordemos que un estándar es una norma sobre la cual se rige un evento o fenómeno. La operación de las redes se basa en un estándar universal conocido como modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (*OSI*), el cual es un modelo de etapas utilizado prácticamente desde su origen hasta nuestros días.

2.2.1. Modelo OSI

Durante la década de los ochentas se presentó un gran desarrollo en el campo de las redes de datos; sin embargo, este desarrollo se dio en una forma desorganizada, ya que cada fabricante de elementos de redes realizó sus propios productos, incompatibles con los desarrollos de otros fabricantes. Debido a la creciente necesidad de interconectar a las diversas redes de comunicaciones, se decidió estandarizar los desarrollos hechos en este campo, para lo cual se necesitaba generar un modelo de red, en el cual se basaran todos los fabricantes para elaborar sus productos. Por otro parte, la industria usa este tipo de modelo debido a que reduce la complejidad, estandariza las interfaces, facilita la ingeniería modular, asegura la tecnología de interoperabilidad, acelera la evolución, simplifica la enseñanza y el aprendizaje.

En 1984, la Organización Internacional de Estándares, conocida por sus siglas Inglesas como *ISO*, dividió las funciones básicas de las redes en siete grupos, conocidos como capas y los integró en un modelo denominado como *OSI*. Este modelo simplificó el desarrollo de elementos de red, ya que permitió la fabricación de elementos propios para cumplir las funciones de una capa específica, además de estandarizar los desarrollos de todos los fabricantes para todas las capas. Por ejemplo, en la actualidad se desarrollan aplicaciones de software para redes, en forma independiente a los desarrollos hechos en las tarjetas de red, o de los desarrollos hechos en las tarjetas o de los lenguajes de comunicación entre computadoras.

Capas y funciones de cada capa del modelo OSI

Las capas y funciones del modelo *OSI* son:

- **Aplicación**. La capa de aplicación proporciona servicios de red al usuario final.
- **Presentación**. Esta capa proporciona representación de datos y formateo del código.
- **Sesión**. Esta capa establece, mantiene y administra las sesiones entre aplicaciones.
- **Transporte**. Esta capa segmenta y reensambla los datos, en un flujo constante de datos.

- **Red**. Esta capa determina la mejor manera de mover datos de un sitio a otro (enrutamiento). Administra el direccionamiento de dispositivos de información.
- **Enlace de datos**. Esta capa proporciona la transmisión de información por el medio físico. Maneja notificación de errores, topología de la red y control del flujo de datos.
- **Físico**. Esta capa proporciona los procedimientos eléctricos y mecánicos, así como los medios funcionales para la activación y mantenimiento de los enlaces físicos entre los sistemas.

Una descripción más detallada de las funciones que cumplen cada capa, y los protocolos que operan en ellas, es la siguiente.

Capa de aplicación

Muchas de las aplicaciones de red ofrecen servicios para la comunicación dentro de la empresa. Sin embargo, el creciente desarrollo de redes interconectadas que integran sus servicios mejor conocidas como *internetworking,* durante la década de los 90's, requirió el desarrollo de nuevas aplicaciones que pudieran ser accesadas más allá de la empresa. Los intercambios de información y el comercio entre organizaciones involucra ampliamente a las aplicaciones desarrolladas para un ambiente *internetworking*. Algunas de estás aplicaciones se mencionan a continuación:

- **Intercambio electrónico de datos (*EDI)***. Ofrece procesos v estándares especializados para mejorar el flujo de órdenes, envíos, Inventarios y contabilidad entre negocios.
- **Correo Electrónico *(E-MAIL)***. Permite el envió de mensajes entre usuarios de diferentes redes LAN.
- **Servicios de Transacción**. Ayudan a la comunidad financiera para obtener y vender información, incluyendo inversiones, mercado, tipo de cambio, y datos de crédito a sus subscriptores.
- **Aplicaciones de protocolos especiales** (como *GOPHER, FETCH y WAIS*). Ayudan a la navegación para encontrar recursos en la red de Internet.

- **Ubicaciones en diferentes regiones** utilizando aplicaciones de conferencia para comunicarse con vídeo en vivo o previamente filmado, voz, datos e intercambio de fax.

Capa de presentación

Esta capa proporciona formato del código y conversión. El formato del código asegura que las aplicaciones tengan información significativa para procesar. Si es necesario, la capa de presentación traduce entre múltiples formatos de representación de datos.

Asimismo, la capa de presentación se encarga no sólo del formato y representación de los datos actuales del usuario, sino también de la estructura de los datos utilizada por los programas; por lo tanto, la capa de presentación negocia la sintaxis de la transferencia de datos para la capa de aplicación. Por ejemplo, la capa de presentación es responsable de la conversión de sintaxis entre los sistemas que tienen diferentes representaciones de caracteres de texto y datos, como los códigos *EBCDIC y ASCII*.

Capa de sesión

La capa de sesión establece, administra o termina sesiones entre aplicaciones. Esencialmente la capa de sesión coordina las solicitudes de servicio y responde de lo que ocurre cuando las aplicaciones se comunican entre diferentes *PC* llamados *Hosts.*

Los siguientes son ejemplos de protocolos e interfaces de la capa se sesión:

- **Sistemas de archivos de red (NFS).** Sistema de archivos de red distribuidos. Desarrollado por *MICROSYSTEMS* para acceso a sistemas de archivos, utilizando *TCP/IP* como protocolo de comunicación.
- **Lenguaje de consulta estructurado (SQL).** Lenguaje de consulta estructurado para bases de datos desarrollado por IBM para proporcionar a los usuarios una forma más fácil de especificar sus necesidades de información en sistemas locales y remotos.
- **Llamada a procedimiento remoto (RPC).** Mecanismo general de redirección para ambientes de servicios distribuidos. Los procedimientos RPC se inician en clientes, terminando su ejecución en servidores.

Capa de transporte

La capa de transporte se utiliza para asegurar que los datos que serán transmitidos en la red, se reciban en una forma confiable, utilizando para esto un tipo de comunicación orientada a conexión, la cual permite:

- Asegurar que los datos sean reconocidos por el *Host* destino, por medio de confirmaciones al *Host* fuente.
- Proporciona la retransmisión de cualquier segmento que no sea reconocido.
- Divide los grandes conjuntos de datos provenientes de una o varias aplicaciones, en pequeños grupos denominados segmentos que facilitan su transmisión.
- Reensamblar la secuencia de segmentos recibidos, en su orden correcto.
- Evita la saturación de la memoria de los sistemas finales.
- Permite establecer una sola conexión lógica sobre la cual se pueden transmitir datos de diferentes aplicaciones, que se dirigen al mismo *Host* destino, lo que evita el tener que establecer una conexión porcada aplicación, ahorrándose tiempo y proceso.

Capa de red

Esta capa proporciona el enrutamiento y funciones relacionadas, que permiten a múltiples enlaces de datos combinarse en una red de tal forma que se puedan interconectar redes. Esto se logra a través del direccionamiento lógico de los dispositivos. La capa de red soporta conexiones orientadas y no orientadas, provenientes de los protocolos de las capas superiores. Los protocolos de la capa de red son básicamente protocolos de enrutamiento, sin embargo, también otro tipo de protocolos están implementados en la capa de red.

La determinación de la ruta de recorrido ocurre en esta capa y se basan en un concepto conocido como direccionamiento lógico para realizar esta función. Esta capa conecta a redes originalmente aisladas por medio de la determinación de rutas para llegar al sistema destino, proporcionando servicios de entrega de paquete de extremo a extremo.

La determinación de la ruta permite a un dispositivo de capa de red, conocidos como *routers*, evaluar las rutas disponibles hacia un destino y así establecer la mejor ruta para enviar sobre ésta los paquetes. Prácticamente, los dispositivos ocupados para interconectar redes *(routers)*, deben representar, consistentemente, las rutas de sus conexiones a los medios de transmisión. En una red, los *routers* poseen una dirección de red, la cual los identifican y es utilizada en el proceso de enrutamiento. Por lo tanto, una dirección debe tener información sobre la ruta de las conexiones a los medios, la cual es utilizada por el proceso de enrutamiento para pasar paquetes desde una fuente origen hacia un destino, ubicado en una LAN diferente. Utilizando direccionamiento consistente, extremo a extremo para representar la ruta de las conexiones a los medios, la capa de red puede hallar una ruta al destino sin sobrecargar la red.

Capa de enlace de datos

Esta capa se encarga de proporcionar el tránsito confiable de datos a través del enlace de red. Las especificaciones de esta capa definen diferentes características de la red y de protocolos, incluyendo el direccionamiento físico, la topología de red, la notificación de error, la secuencia de tramas y el control de flujo.

Capa física

En la capa física se definen las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas de redes de comunicaciones. Las especificaciones de esta capa definen las características como niveles de voltaje, temporización de cambios de voltaje, velocidades de transferencia de información, distancias máximas de transmisión y conectores físicos.

Comunicación punto a punto del modelo OSI

Cada capa utiliza su propio protocolo para comunicarse con la capa del mismo nivel en el otro sistema. A este tipo de comunicación entre capas se le denomina comunicación punto a punto *(P2P)*. El protocolo de capa intercambia información llamada unidades de datos de

protocolo *(PDU)* entre capas del mismo nivel. Una capa puede utilizarse un nombre más específico para su *PDU*.

Para establecer una comunicación P2P se necesita establecer una comunicación entra capas, es decir si la capa de transporte del *Host* A se requiere comunicar con la capa de transporte del *Host* B, es necesario que dicha capa utilice los servicios que le brinda la capa inferior, en este caso la capa de red. Por lo tanto, los segmentos *TCP* se integran (encapsulan) dentro de los paquetes de la capa de la red (llamados datagramas), los cuales se intercambian entre capas del nivel y a su vez, los paquetes de la capa de red deben ser parte de las tramas de la capa inferior de enlace de datos intercambiados entre dispositivos directamente conectados (*Host* A y *Host* B).

2.3. Interconexión de redes LAN y redes WAN

La importancia de estudiar la relación entre los dos tipos de redes, tratadas en este trabajo, radica en que debe hacerse de la manera correcta, si se quiere evitar problemas posteriores que pongan en duda el buen funcionamiento de la red global general.

Los dispositivos de interconexión de redes tienen como objetivo:

- Conectar entre sí redes LAN de los distintos departamentos de la organización, formando una sola LAN que comprenda a toda la empresa.
- Conectar redes LAN de distintos lugares en una sola red, formando una red WAN.
- Subdividir una red de gran magnitud, por razones administrativas, de seguridad o tráfico.

En general los dispositivos que se utilizan para extender el alcance de una red LAN, o que integran varias LAN aisladas en una sola LAN, trabajan a nivel de las capas físicas y de enlace de datos, mientras que los dispositivos encargados de integrar LAN dentro de la redes WAN, trabajan sobre las capas física, de enlace y de red.

Cuando una organización se conecta a un *Carrier* para utilizar sus recursos de red, el proveedor asigna a la organización los parámetros para conectarse a la red WAN. La organización hace las conexiones punto a punto a los destinos. En general, estos son los términos más comúnmente utilizados para dichas partes principales:

- ***Equipo de premisas del cliente (CPE)***. Dispositivos ubicados físicamente en las acometidas (registros donde entregan los servicios) del cliente. Incluye dos tipos de dispositivos, los que son propiedad del cliente y los arrendados al cliente por el *Carrier*.
- ***"Última milla (Local Loop)"***. Cableado, usualmente de cobre, que se extiende desde la acometida o registro del cliente hasta la oficina central del *Carrier*.
- **Demarcación**. Es la unión en la cual finaliza el *CPE* en la porción de la última milla del servicio. Regularmente ocurre en un closet de telecomunicaciones.
- ***Switch Central***. Equipo de conmutación que proporciona el punto más cercano de presencia del servicio del *Carrier*.
- **Servicios WAN**. Son *Switchs* colectivos (llamados tróncales) dentro de la red del *Carrier.* El tráfico del que llama puede cruzar una troncal a un centro primario, entonces ir a un centro seccional y luego a un centro portador regional o internacional conforme la llamada recorre la larga distancia a su destino. Los *Switches* operan en las oficinas del *Carrier* con cargos por llamada basados en tarifas o costos autorizados.

Una interfaz clave en las acometidas del cliente ocurre entre el equipo *CPE* del cliente, el cual también se conoce como equipo terminal de datos *(DTE),* y el equipo del *Carrier*, conocido como equipo de terminación o ambiente *(DCE)*.

Típicamente el *DTE* o *CPE*, es el *router*, donde reside la aplicación de conmutación del paquete. El *DCE* es el dispositivo utilizado para convertir los datos del usuario de *DTE* a una forma aceptable de servicios WAN. El *DCE* es el módem conectado, llamado *CSU/DCU*.

La comunicación de datos sobre la WAN es conectada al *DTE* de modo que puedan compartir los recursos sobre un área amplia. La ruta WAN entre el *DTE* se le conoce como el vínculo, circuito, canal o línea. El *DCE* proporciona principalmente la interfaz del *DTE* en el vínculo de comunicación en la nube WAN. La interfaz del equipo Terminal y del equipo ambiente *DTE/DCE,* actúa como un límite donde pasa la responsabilidad del tráfico entre los clientes WAN y el proveedor WAN.

Existen tres formas de operar de los *routers*, con diferentes protocolos en los servicios WAN:

- La primera, utiliza servicios conmutados de paquetes o de retransmisión de los mismos. Ejemplos de protocolos que operan de esta forma en una red WAN son *X.25, Frame Relay* y la red digital de servicios integrados *(ISDN).*
- La segunda forma de servicio WAN proporciona un extremo frontal de interfaz. Esta forma de WAN utiliza control de enlace de datos *(SDLC)*, para la conexión punto a punto, o punto a multipunto, de dispositivos remotos al *mainframe* central.
- La tercera forma WAN utiliza protocolos de encapsulación, como control de enlace de datos de alto nivel (*HDCL)* ó protocolo punto a punto *(PPP)* en los dispositivos *peer* o punto.

2.4. Redes con tecnología Frame Relay

Frame Relay es una tecnología empleada en redes de área amplia, que ha ganado gran popularidad. Esta tecnología opera bajo el esquema de conmutación de paquetes, similar a *X.25*, pero es más eficiente y puede hacer que su red sea más rápida, sencilla y menos costosa.

Frame Relay fue desarrollada para resolver problemas de comunicaciones que otros protocolos no podían hacer: la creciente necesidad de alta velocidad, mayor ancho de banda eficiente, manejo de tráfico "pesado", un incremento de dispositivos de red inteligentes que disminuyen el procesamiento del protocolo y la necesidad de conectar LAN y WAN.

Al igual que la *X.25*, *Frame Relay* es un protocolo de conmutación de paquetes. Pero su proceso es fluido, es decir, un formato de red más rápido y eficaz. Una red *Frame Relay* no realiza detección de errores, lo que da como resultado una baja considerable de sobrecarga y un procesamiento más rápido que *X.25*. También es independiente al protocolo, acepta datos de muchos protocolos diferentes, que son encapsulados por los equipos *Frame Relay* y no por la red.

Los dispositivos inteligentes de red conectados a una red *Frame Relay* son responsables de la corrección de errores y el formateado de tramas. El tiempo de procesamiento es más rápido por lo que la transmisión de datos es más eficiente. Además, *Frame Relay* es totalmente digital, reduciendo la posibilidad de error y ofreciendo excelentes velocidades de transmisión. Una red basada en tecnología *Frame Relay* típica trabaja con anchos de banda de 64 kbps hasta 2,048 kbps.

Los paquetes de *Frame Relay* son llamados tramas y cada trama contiene toda la información necesaria para enviar la información al destino correcto. Por lo que, cada punto terminal puede comunicarse con muchos destinos desde un sólo enlace de acceso a la red.

En lugar de tener asignado una cantidad fija de ancho de banda, los servicios *Frame Relay* ofrecen un concepto llamado Tarifa de Información Comprometida *(CIR)*, en la cual los datos son transmitidos. Este ancho de banda, correspondiente al *CIR*, es conocido también como “ancho de banda comprometido” y comúnmente es menor o igual a la mitad del ancho de banda físico del enlace dedicado, es decir, si el ancho de banda es de 64 kbps, el *CIR* es de 32 kbps, pero si el tráfico de información es alto, los datos pueden ir a una velocidad más rápida de la que tiene asignado el *CIR*.

En *Frame Relay* se pueden enviar múltiples conexiones lógicas sobre una sola conexión física, reduciendo los costos de interconexión de redes, reduciendo la cantidad de procesamiento necesaria, mejora el desempeño y el tiempo de respuesta. Debido a que *Frame Relay* utiliza un solo protocolo en la capa de enlace, y éste es independiente, puede procesar tráfico de diferentes protocolos de paquetes secuenciales de red LAN, tales como *IP, IPX y SNA.*

Frame Relay ofrece las ventajas de interconexión de WAN. En el pasado, la configuración de las WAN requería la utilización de líneas privadas o circuitos de conmutación sobre líneas punto a punto. Para realizar conexiones WAN a WAN ya no es necesario utilizar líneas punto a punto, se puede realizar a través de Frame Relay, esto reduce los costos.

Circuitos Virtuales Permanentes *(PVC)*

En *Frame Relay* se utiliza un concepto denominado *PVC*, el cual es una conexión dedicada a través de una red compartida, sustituyendo una línea punto a punto. Se necesita un *PVC* para cada emplazamiento de la red, al igual que una línea privada, el ancho de banda es compartido entre múltiples usuarios. Cada emplazamiento podrá comunicarse con otros sin necesidad de tener múltiples líneas dedicadas.

Los *PVC* funcionan a través de una interfaz de administración de enlace *(LMI)*, que proporciona los procedimientos de control que se realizan de tres formas: verificación de integridad del enlace iniciado por el dispositivo del usuario, informe del estado de la red, dando detalles de todos los PVC, y notificación de red si ha cambiado el estado de cualquier PVC, de activo a inactivo, o viceversa.

También se utiliza un concepto llamado Identificador de transmisión de datos *(DLCI)*, para el control de administración de datos. El *DLCI* se configura junto con el *PVC* en ambos lados de la conexión en la red. El identificador *DLCI* se utiliza como una dirección lógica para el multiplexado en la capa de trama.

En Frame Relay también se manejan tramas de voz, las cuales manejan un ancho de banda de 8 kbps, es decir, el ancho de banda de 64 kbps que se tiene por el Teorema de Nyquist para la voz es comprimido a través de un algoritmo de compresión. Este algoritmo esta basado en la norma G.729 A, la cual es un algoritmo de compresión de audio para la voz, que comprime la voz de audio en pedazos de 10 milisegundos. La G.729 A, es compatible con la G 729, pero requiere menos procesamiento en los equipos de cómputo y su ancho de banda oscila entre los 10 kbps. Cabe mencionar que los fabricantes de equipos de voz, que manejan esta norma, proponen asignar 18 kbps a esta aplicación, ya que de no hacerlo existe la complejidad de que la calidad de voz en los equipos se vea ligeramente afectada.

G.729 A es un compresor/descompresor (CODEC) que se utiliza en la grabación y opera en la parte trasera de los mensajes de la voz. El CODEC fue desarrollado por un consorcio de organizaciones: France Telecom, Mitsubishi Corporación Eléctrica, Telégrafo de Japón, Corporación Telefónica y Université de Sherbrooke.

Equipos con tecnología de transporte en Frame Relay

Frame Relay no proporciona conversión de protocolo y detección/corrección de errores, los dispositivos de usuario final tienen que ser inteligentes. Normalmente, podrá accesar al servicio *Frame Relay* a través de dispositivos *Frame Relay*, ensamblador/ desensamblador *(FRAD), routers, bridges o Switches*. A continuación se presenta una descripción de cada dispositivo utilizado en *Frame Relay*:

Routers-Frame

Los *routers* en *Frame Relay* traducen los protocolos existentes para comunicaciones de datos sobre una red, luego dirigen los datos a través de la red a otro *router* o a otro dispositivo compatible con *Frame Relay*. Los *routers* pueden manejar muchos tipos de protocolos, incluyendo protocolos de red *(X.25, SDLC, HDLC, etc.)*. Se utilizan en entornos que requieren velocidades de acceso a red E1 o inferiores. Cada *router* soporta uno de los muchos interfaces de datos físicos y puede proporcionar varios puertos de usuario.

Bridges y FRAD

También puede utilizar *Bridges* y *FRAD*. Estos dispositivos agregan y convierten datos en los paquetes Frame Relay. Los *Bridges* son fáciles de configurar y mantener, normalmente conectan una sucursal a un *Hub*. Los *routers* pueden manejar tráfico desde otros protocolos WAN, redirigir una conexión, si falla una línea, o proporcionar soporte para control de flujo y control de congestión.

Los *FRAD* formatean los datos salientes para adaptarlos a los paquetes que necesita una red *Frame Relay*, algunos incluso funcionan como *routers*. Trabajan bien en aplicaciones donde un emplazamiento ya tenga *Bridges* y *routers* o cuando se envíe tráfico desde el *mainframe* sobre la red *Frame Relay.*

Las ventajas que supone la tecnología Frame Relay frente a otras alternativas son:

- Comparte el ancho de banda.
- Flexibilidad en la dimensión de la red.
- Alta velocidad de la transmisión con bajo retardo.
- Simplificación en la gestión de la red.
- Garantía de tráfico.
- Multiplexación de información.

2.5. Redes con tecnología IP MPLS

Una red de nueva generación es una red funcional, basada en tecnología IP, producto de la evolución de las actuales redes IP. Una red funcional cuenta con la posibilidad de ofrecer servicios diferenciados y acordes a la calidad de servicio demandada por las aplicaciones del cliente.

MPLS es un método para enviar paquetes a través de una red usando información contenida en etiquetas añadidas a los paquetes *IP.*

El objetivo principal de *MPLS* es crear redes flexibles y escalables con un incremento en el desempeño y la estabilidad. Esto incluye ingeniería de tráfico y soporte de *VPN*, el cual ofrece calidad con múltiples clases de servicio.

Las etiquetas utilizadas por *MPLS* son insertadas entre el encabezado de capa de red y el encabezado de la capa de enlace de datos, para el caso de tecnologías basadas en tramas.

MPLS realiza la decisión del envío de paquetes basado en el contenido de una "etiqueta", en lugar de realizar un barrido muy complejo a todas las direcciones, basado en la dirección IP destino. Esta técnica brinda muchos beneficios a las redes basadas en IP, como son:

- *VPN*
- Ingeniería de tráfico
- Calidad de Servicio

En enrutamiento tradicional, los paquetes son "lanzados" de un *router* a otro, cada *router* hace una decisión de "lanzamiento" independiente por cada paquete y se realiza una clasificación dentro de un envío de corrección de errores (*FEC*), basado en las máscaras de la red. Se escoge un próximo salto basado en el análisis del encabezado de los paquetes y el resultado del algoritmo de enrutamiento.

En MPLS, tan pronto un paquete es asignado a un *FEC*, el análisis del encabezado ya no es hecho por los *routers* subsecuentes. Todo el "lanzamiento" es hecho basado en etiquetas.

A través de la más moderna tecnología disponible en el mercado, el servicio de red MPLS establece túneles *VPN* , dedicados a la comunicación de su empresa entre filiales, socios comerciales y la matriz a bajo costo de propiedad. La *VPN IP MPLS* ofrece seguridad, desempeño, inteligencia y flexibilidad sin precedentes. Además de redes corporativas seguras, flexibles, inteligentes y de alto desempeño para el transporte de datos, voz digitalizada y transmitida por medio de protocolo voz sobre IP *(VoIP).*

Las características principales de una red IP MPLS son:

- **Seguridad.** La seguridad es establecida en el transporte de los paquetes IP. Estos son encapsulados de manera que su interpretación sea posible solamente por los equipos de *BACKBONE* (conexiones entre *routers* en la nube de Internet*)*.
- **Ejecución.** Es garantizada a través de circuitos de comunicación dedicados al cliente, con garantía plena de la banda contratada (*CIR* de 100% da capacidad contratada). La topología de *RED FULL MESHED* permite la comunicación directa entre los puntos

remotos (filiales), sin la sobrecarga al performance y latencia ocasionados por tecnologías de comunicación a través de un punto concentrador (matriz).

- **Inteligencia**. Al contrario de los demás servicios de red, *MPLS* fue desarrollado en la década de los 90´s y es la más moderna alternativa de transporte disponible. Por tratarse de una tecnología de enrutamiento dinámico, antes de la transición de cada paquete, la red es probada para verificar si es el camino más corto y ocioso. De esta manera, además de garantizar bajas tasas de latencia, se evita que los datos sean encaminados por rutas no disponibles.
- **Flexibilidad.** *MPLS* garantiza flexibilidad para adicionar, remover o modificar circuitos de la red WAN, sin que haya indisponibilidad asociada. La comunicación entre los puntos es efectiva, pudiendo optar por la restricción o habilitación de caminos en cada punto de la red.

Las ventajas de la tecnología IP *MPLS* frente a otras tecnologías de transporte de información en comunicaciones son:

- Máxima conectividad entre puntos, proporcionada por la topología de malla con altísima disponibilidad y con garantía de servicio.
- Reducción de costos de interconexión, con posibilidad de convergencia de datos, voz y video por medio de la misma infraestructura.
- Posibilidad de oferta de Internet para todos los puntos (filiales) de la red por medio de una única conexión (matriz).

Vistos los antecedentes de las redes y los conceptos fundamentales relacionados con ellos, procederemos a analizar la estructura actual de la empresa, de tal manera que podamos establecer claramente su posición competitiva.

CAPÍTULO 3

ANALISIS DE LA RED ACTUAL

El presente capítulo presenta la red actual de comunicaciones de la compañía TOGA Alimentos. Se detallan las funcionalidades del tráfico de voz y de datos, el direccionamiento IP de la red LAN, el plan de marcación de voz, los anchos de banda de los enlaces dedicados, la ubicación de cada uno de los sitios o nodos, así como la topología de la red.

TOGA Alimentos es una compañía creada por dos socios, quienes le dieron su nombre por medio de sus apellidos - Torres y García - la cual se dedica a la elaboración de conservas de frutas y legumbres, teniendo hoy en día una oficina corporativa y planta principal de producción, así como 36 distribuidoras, algunas de ellas conocidas también con el nombre de grupo y 2 bodegas a nivel nacional.

Actualmente TOGA Alimentos tiene la necesidad de enviar y recibir información (voz, datos e inclusive video), para mantener comunicada su oficina corporativa, planta principal de producción, oficinas y sus distribuidoras o grupos y bodegas ubicados en distintos puntos geográficos de la república. La transmisión de información le permite el desarrollo de sus

actividades económicas y laborales, manteniendo un control y administración de sus propios recursos y operación diaria.

Por tal motivo, cuenta con una red de comunicaciones, en la cual, la oficina corporativa y planta principal forman el nodo central y las distribuidoras o grupos y bodegas son conocidas como sitios o nodos remotos de la red.

3.1. Topología de la red

La revisión de la topología de la red nos permitirá obtener información y conocer cómo está conformada la red de comunicaciones de TOGA Alimentos, teniendo así información del número de usuarios, anchos de banda de cada enlace dedicado, canales de voz y cantidad en bytes de los datos que transmiten y reciben cada uno de los sitios o nodos remotos de la red.

Para conectar cada sitio de la red con el nodo central, se utilizan enlaces dedicados, conocidos también como enlaces privados o líneas privadas, los cuales son de conexión punto multipunto. En el nodo central se tienen dos enlaces de este tipo con un ancho de banda de 2 048 kbps cada uno y en los nodos remotos se cuenta con enlaces de 64 kbps, 128 kbps y 192 kbps según sea el caso.

Actualmente, todos los sitios o nodos de la red se encuentran conectados con la oficina corporativa y planta de producción, en una topología en estrella, siendo el sitio central el nodo concentrador de todos los enlaces mediante los enlaces punto multipunto.

La figura 3.1 muestra de forma esquemática la red de comunicaciones de TOGA Alimentos y presenta los dos enlaces dedicados punto multipunto del nodo central, así como los 38 enlaces dedicados y sus anchos de banda de 64 kbps, 128 kbps y 192 kbps, según sea el caso, de cada sitio o nodo remoto.

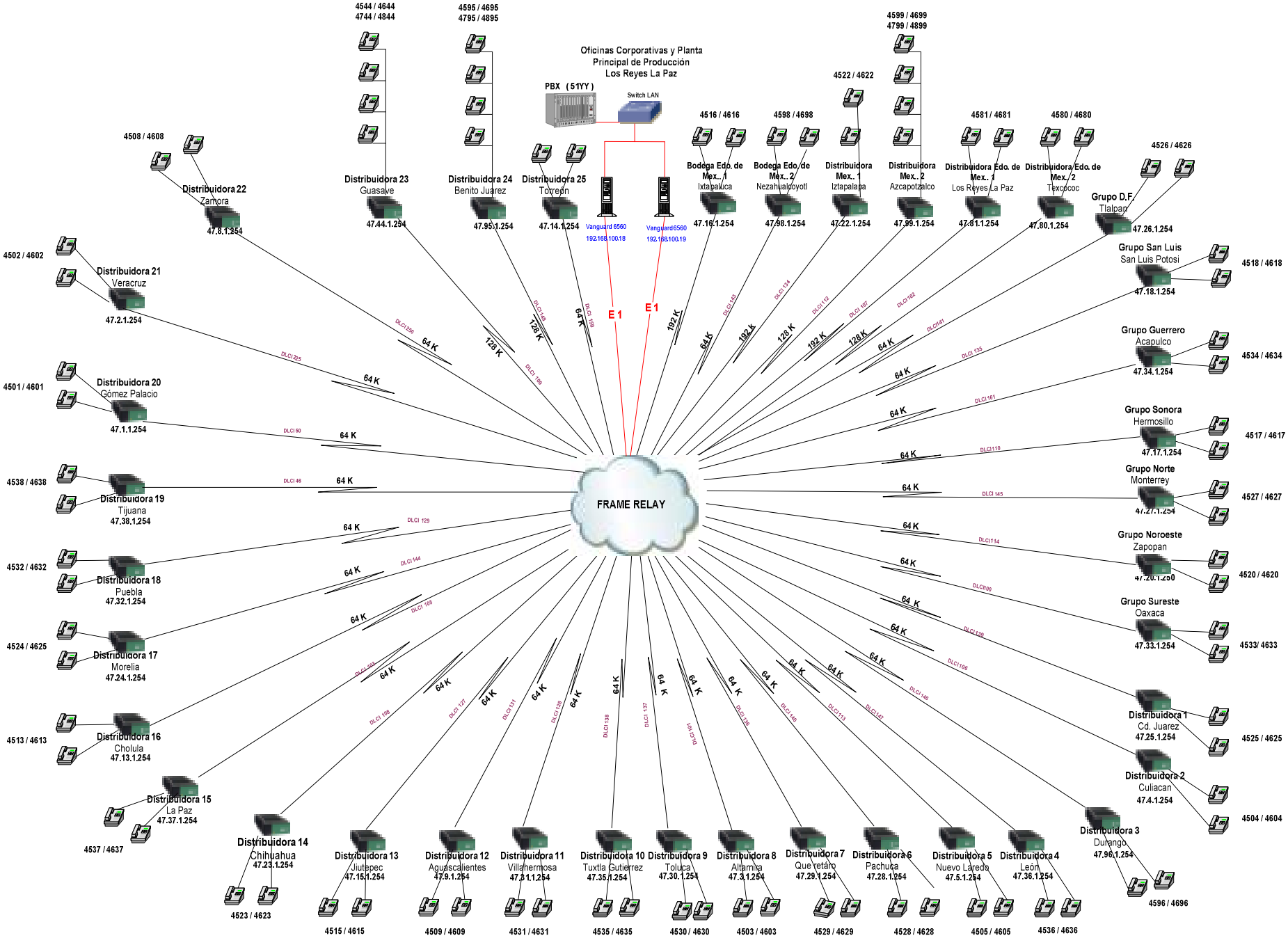


Figura 3.1. Diagrama de conectividad de la red de comunicaciones.

Cómo se mencionó anteriormente, TOGA Alimentos cuenta con una red de comunicaciones privada, es decir, utiliza enlaces dedicados para transmitir y recibir información entre sus distintos sitios, además de contar con un acceso a Internet en sus oficinas centrales, el cual es compartido por todos los sitios de la red. Los enlaces dedicados son contratados directamente con un Proveedor de Servicios de Comunicaciones o *Carrier*.

La tecnología que transporta el tráfico de información de un punto a otro en la Red de comunicaciones es *Frame Relay*, el cual es un protocolo de capa de enlace de datos (capa 2) en el Modelo de Referencia *OSI*, la cual no identifica el tráfico que pasa por la red, de tal forma que si se pasa voz en forma de paquetes, el trato que se le da es como cualquier paquete de datos por lo que calidad de servicio no está garantizada.

Dicha tecnología funciona mediante circuitos privados virtuales *(PVC)*, los cuáles conectan cada sitio o nodo remoto con el nodo central, con anchos de banda comprometidos o lógicos *(CIR)* y con anchos de banda de los enlaces dedicados, los cuales son físicos, formando así la topología estrella de la red, es decir, la comunicación entre los nodos remotos es mediante un sito central.

Ésta forma de hacer redes con topología estrella permite tener un muy buen nivel de servicio, sin embargo, el costo es alto y la red no es escalable, ya que no se hace uso eficiente del enlace.

También cuenta con equipos propios que funcionan con tecnología de transporte en *Frame Relay*, los cuales son conocidos como *FRADS*, es decir, tiene invertido capital en infraestructura de equipos de red, por lo que es responsable de la administración, operación y mantenimiento de su red.

El utilizar tecnología de transporte en *Frame Relay* le permite una transmisión de datos a alta velocidad, así como una conexión permanente entre múltiples usuarios geográficamente dispersos, maniobrabilidad de tráfico de comportamiento variable, administración del ancho de banda bajo demanda del usuario, flexibilidad y capacidad para ajustarse a la demanda de datos que las aplicaciones del usuario presentan y la posibilidad de combinar aplicaciones de voz (comprimida) y video (cuadros en movimiento) susceptibles a retardo.

Por medio del análisis del tráfico de voz y datos por sitio o nodo en la red de *Frame Relay* Privada, es posible conocer si existe prioridad de la información en la red o bien si existen anchos de banda dedicados para cada aplicación (de voz o de datos). En el caso de datos, es posible validar si el tráfico es por aplicaciones de correo electrónico, acceso o navegación en Internet o por aplicaciones de sistemas. Adicionalmente se recopilará la información de cada uno de los equipos *FRADS*, para conocer la configuración de cada uno de ellos para el manejo de voz y de datos.

3.2. Relación y ancho de banda de los sitios

La red privada de la empresa está conformada por enlaces privados y enlaces dedicados de los nodos. El Nodo Central, ubicado en el municipio de Los Reyes La Paz, Estado de México, están instalados 2 enlaces dedicados o líneas privadas punto multipunto, con un ancho de banda de 2 048 kbps cada uno. Los nodos remotos de la red son 38 en total y los forman las distribuidoras o grupos y las bodegas, los cuales tienen instalados enlaces de 64 kbps, 128 kbps o bien de 192 kbps, según sea el caso. Estos nodos se encuentran distribuidos de la siguiente manera, en distintas regiones del país:

- 26 distribuidoras, 2 bodegas y 6 grupos se ubican en el interior del país
- 3 distribuidoras y 1 grupo se ubican en el D.F.

En la tabla 3.1 se enlistan los sitios o nodos de la red, así como sus anchos de banda y ubicación respectiva.

Sitio / Nodo	Estado	Ciudad / Municipio / Delegación	Ancho de banda del enlace dedicado (kbps)
Oficinas Corporativas y Planta Principal de Producción	Edo. de Méx.	Los Reyes La Paz	2 E1 (2048 cada uno)
Bodega Edo. de Méx. 1	Edo. de Méx.	Ixtapaluca	192

Tabla 3.1. Ubicación, ancho de banda y relación de sitios. (Continúa)

Sitio / Nodo	Estado	Ciudad / Municipio / Delegación	Ancho de banda del enlace dedicado (kbps)
Bodega Edo. de Méx. 2	Edo. de Méx.	Nezahualcoyotl	64
Distribuidora Méx. 1	México D.F.	Iztapalapa	192
Distribuidora Méx. 2	México D.F.	Azcapotzalco	128
Distribuidora Edo. de Méx. 1	Edo. de Méx.	Los Reyes La Paz	192
Distribuidora Edo. de Méx. 2	Edo. de Méx.	Texcoco	128
Grupo D.F.	México D.F.	Tlalpan	64
Grupo San Luis	San Luis Potosí	San Luis Potosí	64
Grupo Guerrero	Guerrero	Acapulco	64
Grupo Sonora	Sonora	Hermosillo	64
Grupo Norte	Nuevo León	Monterrey	64
Grupo Noroeste	Jalisco	Zapopan	64
Grupo Sureste	Oaxaca	Oaxaca	64
Distribuidora 1	Chihuahua	Cd. Juárez	64
Distribuidora 2	Sinaloa	Culiacán	64
Distribuidora 3	Durango	Durango	64
Distribuidora 4	Guanajuato	León	64
Distribuidora 5	Tamaulipas	Nuevo Laredo	64
Distribuidora 6	Hidalgo	Pachuca	64
Distribuidora 7	Querétaro	Querétaro	64
Distribuidora 8	Tamaulipas	Altamira	64
Distribuidora 9	Edo. de Méx.	Toluca	64
Distribuidora 10	Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	64
Distribuidora 11	Tabasco.	Villahermosa	64
Distribuidora 12	Aguascalientes	Aguascalientes	64

Tabla 3.1. Ubicación, ancho de banda y relación de sitios. (Continúa)

Sitio / Nodo	Estado	Ciudad / Municipio / Delegación	Ancho de banda del enlace dedicado (kbps)
Distribuidora 13	Morelos	Jiutepec	64
Distribuidora 14	Chihuahua	Chihuahua	64
Distribuidora 15	Baja California	La Paz	64
Distribuidora 16	Yucatán	Cholul	64
Distribuidora 17	Michoacán	Morelia	64
Distribuidora 18	Puebla	Puebla	64
Distribuidora 19	Baja California	Tijuana	64
Distribuidora 20	Durango	Gómez Palacio	64
Distribuidora 21	Veracruz	Veracruz	64
Distribuidora 22	Michoacán	Zamora	64
Distribuidora 23	Sinaloa	Guasave	128
Distribuidora 24	México D.F.	Benito Juárez	128
Distribuidora 25	Coahuila	Torreón	64

Tabla 3.1. Ubicación, ancho de banda y relación de sitios.

3.3. Determinación del ancho de banda

El ancho de banda de cada sitio se determina a partir del ancho de banda que requiere cada aplicación de voz y de datos, así como del número de usuarios. Para el tráfico de voz, se consideran los anchos de banda que utiliza cada canal de voz y en el caso del tráfico de datos, el ancho de banda que requiere la aplicación de software que utilizan los sistemas informáticos de la empresa, así como la navegación en Internet.

En el caso de los canales de voz, la tecnología en *Frame Relay* utiliza 8 kbps para el canal de voz, de acuerdo a la norma G.729A, la cual comprime el canal de voz de 64 kbps en *PCM* a 8 kbps, de acuerdo a la norma mencionada, reconocida como un estándar por la *ITU*.

Los sitios remotos de la Distribuidora 23, Guasave; Distribuidora México 2, Azcapotzalco, y Distribuidora 24, Benito Juárez, utilizan 4 canales de voz, los demás sitios remotos utilizan sólo 2 canales de voz. Todos los canales de voz utilizados en las comunicaciones son puertos de voz *FXS*, los cuáles permiten conectar directamente cualquier aparato telefónico convencional, es decir, proporcionan la señal de tono telefónico.

TOGA Alimentos utiliza en sus sistemas informáticos una aplicación de software llamada *SAP*, la cual es una plataforma de software que le permite administrar y planificar sus recursos empresariales y de negocio con sus distribuidoras, grupos y bodegas. *SAP* es también una aplicación de datos, la cual utiliza ancho de banda dentro de la red al enviarse o recibirse información desde el nodo central hacia los nodos remotos y viceversa.

Adicional a la aplicación de *SAP*, en la red de comunicaciones se tiene tráfico de navegación por Internet solamente, y esto es debido a las políticas establecidas por la empresa, para el uso de datos en la red de comunicaciones.

La ecuación, que por definición del propio fabricante de *SAP*, se utiliza para determinar el valor máximo de transmisión del ancho de banda por datos en la red, es:

$$C = X * N * D * 0.25 \qquad \text{Ecuación (3.1.)}$$

Donde:

C Es el ancho de banda en kbps que necesita la aplicación de software *SAP*.

X Cantidad de datos por cada sesión *SAP*, la cual es de 11 kbps por definición del fabricante.

N Número de usuarios activos utilizando la aplicación de software, independientemente del número de sesiones abiertas.

D Promedio del número de sesiones por minuto por cada 10 usuarios, la cual en los sitios o nodos remotos de la red es de 4 sesiones en promedio.

0.25 Factor numérico igual a 8 kbps * 1.25 (protocolo de *overhead*) * 1/60 (minutos/segundo) * 1.5 (factor de seguridad por tiempo de respuesta, pico tráfico o carga, diferentes tecnologías, etc.)

Se han realizado mediciones en la red de comunicaciones y se han tomado lecturas del ancho de banda utilizado en *Frame Relay* por cada sitio o nodo con relación a la aplicación de datos. Estas lecturas se han tomado con equipo de medición que permite leer el ancho de banda en Frame Relay y se refieren al tráfico de datos por navegación en Internet más el tráfico de datos utilizado por la aplicación de software *SAP*. También se ha observado el número de usuarios concurrentes que utilizan *SAP* en cada distribuidora, grupo y bodega, según sea el caso.

La tabla 3.2 muestra las lecturas tomadas del ancho de banda y número de usuarios concurrentes, por cada tipo de sitio.

Tipo de Sitio / Nodo	**Ancho de banda utilizado en *Frame Relay* por datos (kbps)**	**Usuarios concurrentes**	**Ancho de banda del enlace dedicado (kbps)**
Distribuidora o Grupo	48	3	64
Distribuidora 23	95	9	128
Distribuidora Méx. 2	90	9	128
Distribuidora 24	97	9	128
Bodega Edo. de Méx. 1 Distribuidora Edo. de Méx. 1 Distribuidora Méx. 1	165	15	192

Tabla 3.2. Datos del ancho de banda y número de usuarios.

El número mayor de usuarios activos o concurrentes en cada distribuidora o grupo es de 3, por lo que aplicando la ecuación 3.1 para la aplicación de software, tenemos:

C =11 * 3 * 4 * 0.25 = 33 kbps

La medición realizada en la red de comunicaciones por tráfico de datos en las distribuidoras o grupos es de 48 kbps de ancho de banda en total (según las lecturas de la tabla 3.2.), por lo que, considerando el ancho de banda que consume la aplicación (33kbps), tenemos que el tráfico de datos por navegación en Internet tiene un ancho de banda de 15 kbps.

Considerando que las distribuidoras o grupos utilizan 2 canales de voz, los cuales tienen un ancho de banda de 8 kbps cada uno de ellos, se tiene entonces que el ancho de banda requerido por estas distribuidoras o grupos es igual al ancho de banda utilizado por la aplicación de software más el ancho de banda por Internet más el ancho de banda por los canales de voz. Esto es:

Ancho de banda por distribuidora = 33 kbps + 15 kbps + 16 kbps = 64 kbps máximo.

Por tal motivo, se ha determinado tener un enlace dedicado con un ancho de banda de 64 kbps en las distribuidoras o grupos.

Para la Distribuidora 23, Guasave; Distribuidora México 2, Azcapotzalco; y Distribuidora 24, Benito Juárez, se tienen 9 usuarios concurrentes en cada una de ellas, por lo que aplicando nuevamente la ecuación 3.1 para la aplicación de software, tenemos:

C = 11 * 9 * 4 * 0.25 = 99 kbps

La medición realizada de tráfico de datos en la Distribuidora 23, Guasave, es de 95 kbps, en la Distribuidora México 2, Azcapotzalco es de 90 kbps y en la Distribuidora 24, Benito Juárez es de 97 kbps de ancho de banda para cada una. Por lo anterior, el tráfico de datos por navegación en Internet es nulo ya que se ha restringido su uso.

Considerando que cada uno de estos sitios remotos mencionados utiliza 4 canales de voz, los cuales tienen un ancho de banda de 8 kbps cada uno de ellos, se tiene entonces que el ancho de banda requerido es:

Ancho de banda = 99 kbps + 0 kbps + 32 kbps = 131 kbps máximo.

Para estos sitios remotos se ha determinado tener un enlace dedicado con un ancho de banda de 128 kbps, a pesar de que en el caso de máximo de utilización de todas las aplicaciones se requieran 131 kbps de ancho de banda. En la práctica no se ha presentado una saturación del enlace dedicado, ya que aun cuando se utilice la transmisión continua de datos por *SAP*, nunca se han utilizado de forma concurrente los 4 canales de voz al mismo tiempo que la aplicación del software *SAP*.

Para la Bodega Edo. de Méx. 1, Ixtapaluca; Distribuidora Edo. de Méx., Los Reyes La Paz; y Distribuidora Méx. 1, Iztapalapa, se tienen 15 usuarios concurrentes en cada una de ellas, por lo que aplicando la ecuación 3.1 para la aplicación de software, tenemos:

C = 11 * 15 * 4 * 0.25 = 165 kbps

La medición realizada de tráfico de datos en estos sitios remotos es de 165 kbps, por lo que el tráfico de datos por navegación en Internet es de 22 kbps de ancho de banda.

Considerando que cada uno de estos sitios remotos utiliza 2 canales de voz, los cuales tienen un ancho de banda de 8 kbps cada uno de ellos, se tiene entonces que el ancho de banda requerido es:

Ancho de banda = 143 kbps + 22 kbps + 16 kbps = 181 kbps máximo.

Para estos sitios remotos se ha determinado tener un enlace dedicado con un ancho de banda de 192 kbps, ya que en el caso de máximo de utilización de todas las aplicaciones se requerirían 181 kbps de ancho de banda.

3.4. Equipos de la red

Los equipos instalados en la red de comunicaciones de TOGA Alimentos son equipos que realizan encapsulamiento en *Frame Relay*, creando sus propios PVC's, a través de los cuales se cursa el tráfico de voz y datos en cada sitio.

La red cuenta con 38 *FRADS* y 2 Switches en *Frame Relay*, los cuales en conjunto con los enlaces dedicados forman la red privada de *Frame Relay* con la que cuenta TOGA Alimentos.

En el nodo central, ubicado en la planta principal de producción y la oficina corporativa, se tienen instalados equipos Switches marca Motorola, modelo Vanguard 6560, los cuales forman o crean la red WAN con tecnología de transporte en Frame Relay, conocida también como "*Nube de Frame Relay*" o "*Red Interna de Frame Relay*". Cada uno de estos Switches se conecta a uno de los enlaces dedicados de 2048 kbps y son los encargados de administrar el tráfico de voz y datos.

Uno de los Switches Vanguard 6560, etiquetado como "Los Reyes 18" para su identificación, se enlaza con 24 sitios remotos, proporcionando la administración del tráfico de voz y datos de los mismos. Asimismo, el segundo Switch Vanguard 6560 que se encuentra etiquetado como "Los Reyes 19", proporciona la administración a los restantes 14 sitios remotos.

Los dos Switches mencionados se interconectan entre sí a través de su propio puerto serial, para llevar a cabo la administración del tráfico de la red. Ambos se conectan por su propio puerto Ethernet a la red LAN de las oficinas corporativas y a la planta principal de producción, mediante un *Switch* LAN para dar el servicio de datos.

Adicionalmente, en la red LAN está instalado para proporcionar seguridad informática un *Firewall*, para evitar ataques o amenazas que provengan de la red de *Frame Relay* o bien de la red LAN de las oficinas corporativas y de la planta principal de producción. Seguido del *Firewall*, se tiene un equipo *PROXY*, que permite la identificación por nombre de usuario y contraseña, para cada usuario autorizado a enviar y recibir tráfico o información de datos hacia los nodos remotos.

Por la parte del tráfico de voz, el Switch Vanguard 6560, etiquetado como “Los Reyes 18”, se conecta a través de un enlace E1 de voz hacia el conmutador de telefonía, también conocido como central telefónica (*PBX)*. Utiliza 28 de los 30 canales de voz disponibles en el propio E1 para dar el servicio de voz a 24 sitios remotos de la red. El Switch Vanguard 6560, conocido como “Los Reyes 19”, se conecta también a otro E1 de voz hacia el *PBX*, usando sólo 16 canales de voz del enlace E1 para dar servicio a 14 sitios remotos de la red.

En los sitios remotos se tienen equipos conocidos como *FRADS*, los cuales son también *routers* de acceso multiservicio y son los dispositivos que permiten el acceso hacia la red privada de enlaces dedicados o red WAN. Estos equipos son de la marca Motorola, modelo Vanguard 320, ideales para los nodos remotos, conectados a enlaces de 64 kbps, 128 kbps y 192 kbps según sea el caso.

Los *FRADS* Vanguard 320 se conectan directamente a un *HUB* pequeño de 4 puertos por medio de su puerto LAN o Ethernet para proporcionar el servicio de datos a los equipos de cómputo que son 1 o 2 en cada sitio remoto.

Asimismo, los *FRADS* Vanguard 320 se conectan directamente a 2 o 4 canales de voz, por medio de aparatos telefónicos convencionales o bien a equipos Multilíneas, que son pequeños Conmutadores de Telefonía, que dan servicio a unas cuantas extensiones de voz o de teléfono.

3.5. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP de la red LAN

En la red de comunicaciones de TOGA Alimentos, se lleva a cabo una administración de los recursos por medio de una configuración establecida para la red LAN, a través de un direccionamiento IP LAN para el tráfico de datos, así como de un plan de marcación para el tráfico de voz, en cada *FRAD* y Switch Vanguard de la red.

Dentro de la configuración mencionada para la red, cada sitio o nodo remoto es identificado con el número decimal del segundo octeto del direccionamiento LAN, el cual también corresponde a los dos últimos dígitos para cada canal de voz, los cuales comienzan con 45 y

46 para los sitios con 2 canales de voz y para los nodos con 4 canales de voz se tiene 45, 46, 47 y 48 respectivamente. Por ejemplo, para el sitio denominado como Grupo San Luis, tenemos la siguiente configuración:

Sitio / Nodo	Ciudad	Dirección IP LAN	Plan de Marcación
Grupo San Luis	San Luis Potosí	47.**18**.1.254	45**18** / 46**18**

Para el nodo central, cada Switch Vanguard, *Firewall* y *PROXY*, tienen una dirección IP distinta al direccionamiento IP propio de la red LAN interna, en la que se encuentran conectados todos los equipos *PC* de las oficinas corporativas y planta principal de producción, los cuales se encuentran en el segmento 47.100.100.XX, donde XX es el número decimal del cuarto octeto que toman los equipos *PC* desde 1 hasta 254.

La dirección IP LAN de los Switches Vanguard se encuentran en el mismo segmento (192.168.100.18 / 192.168.100.19), el cual también difiere del segmento IP LAN del *Firewall* y PROXY (200.36.2.157 / 200.36.2.158), lo cual es debido a que los Switches Vanguard son el equipo o elemento de entrada / salida de red que tienen que buscar el *Firewall* y el PROXY, para que los equipos PC de la red LAN interna reciban y envíen información de y hacia los sitios remotos. Las direcciones IP LAN de cada uno de estos elementos de la red de TOGA Alimentos del nodo central se muestran en la tabla 3.3.

Elemento de la red	Dirección IP LAN
Switch Vanguard “Los Reyes 18”	192.168.100.18
Switch Vanguard “Los Reyes 19”	192.168.100.19
Firewall	200.36.2.157
PROXY	200.36.2.158
Equipos PC de la red LAN interna	47.100.100.XX

Tabla 3.3. Dirección IP LAN de los elementos de la red LAN del nodo central.

El plan de marcación de voz en el nodo central comienza con los dígitos 51 y 52 para los 44 canales de voz que se tienen instalados en el conmutador.

En la tabla 3.4 se enlista el plan de marcación y el direccionamiento IP LAN de los sitios o nodos de la red, así como de cada Switch Vanguard del nodo central. No se enlista el direccionamiento IP WAN ya que éste es irrelevante en el caso de migración de la red actual hacia una red pública o red privada virtual bajo la plataforma de tecnología IP MPLS.

Sitio / Nodo	Ciudad / Municipio / Delegación	Dirección IP LAN	Plan de Marcación
"Los Reyes 18"	**Los Reyes La Paz**	**192.168.100.18**	**51YY**
Bodega Edo. de Méx. 2	Nezahualcoyotl	47.98.1.254	4598 / 4698
Distribuidora Méx. 2	Azcapotzalco	47.99.1.254	4599 / 4699 / 4799 / 4899
Grupo San Luis	San Luis Potosí	47.18.1.254	4518 / 4618
Grupo Sonora	Hermosillo	47.17.1.254	4517 / 4617
Grupo Norte	Monterrey	47.27.1.254	4527 / 4627
Grupo Noroeste	Zapopan	47.20.1.254	4520 / 4620
Grupo Sureste	Oaxaca	47.33.1.254	4533 / 4633
Distribuidora 2	Culiacán	47.4.1.254	4504 / 4604
Distribuidora 3	Durango	47.96.1.254	4596 / 4696
Distribuidora 4	León	47.36.1.254	4536 / 4636
Distribuidora 6	Pachuca	47.28.1.254	4528 / 4628
Distribuidora 7	Querétaro	47.29.1.254	4529 / 4629
Distribuidora 8	Altamira	47.3.1.254	4503 / 4603
Distribuidora 9	Toluca	47.30.1.254	4530 / 4630
Distribuidora 10	Tuxtla Gutiérrez	47.35.1.254	4535 / 4635
Distribuidora 12	Aguascalientes	47.9.1.254	4509 / 4609

Tabla 3.4. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP LAN de cada sitio. (Continúa)

Sitio / Nodo	Ciudad / Municipio / Delegación	Dirección IP LAN	Plan de Marcación
"Los Reyes 18"	**Los Reyes La Paz**	**192.168.100.18**	**51YY**
Distribuidora 13	Jiutepec	47.15.1.254	4515 / 4615
Distribuidora 14	Chihuahua	47.23.1.254	4523 / 4623
Distribuidora 15	La Paz	47.37.1.254	4537 / 4637
Distribuidora 18	Puebla	47.32.1.254	4532 / 4632
Distribuidora 19	Tijuana	47.38.1.254	4538 / 4638
Distribuidora 20	Gómez Palacio	47.1.1.254	4501 / 4601
Distribuidora 23	Guasave	47.44.1.254	4544 / 4644 / 4744 /4844
Distribuidora 25	Torreón	47.14.1.254	4514 /4614
"Los Reyes 19"	**Los Reyes La Paz**	**192.168.100.19**	**52YY**
Bodega Edo. de Méx. 1	Ixtapaluca	47.16.1.254	4516 /4616
Distribuidora Méx. 1	Iztapalapa	47.22.1.254	4522 / 4622
Distribuidora Edo. de Méx. 1	Los Reyes La Paz	47.81.1.254	4581 / 4681
Distribuidora Edo. de Méx. 2	Texcoco	47.80.1.254	4580 / 4680
Grupo D.F.	Tlalpan	47.26.1.254	4526 /4626
Grupo Guerrero	Acapulco	47.34.1.254	4534 / 4634
Distribuidora 1	Cd. Juárez	47.25.1.254	4525 / 4625
Distribuidora 5	Nuevo Laredo	47.5.1.254	4505 / 4605
Distribuidora 11	Villahermosa	47.31.1.254	4531 / 4631
Distribuidora 16	Cholul	47.13.1.254	4513 / 4613
Distribuidora 17	Morelia	47.24.1.254	4524 / 4624
Distribuidora 21	Veracruz	47.2.1.254	4502 / 4602
Distribuidora 22	Zamora	47.8.1.254	4508 / 4608
Distribuidora 24	Benito Juárez	47.95.1.254	4595 / 4695 / 4795 /4895

Tabla 3.4. Plan de marcación de Voz y direccionamiento IP LAN de cada sitio.

3.6. Diagrama de conectividad típico de nodos remotos con 2 y 4 canales de voz

La red de comunicaciones de TOGA Alimentos cuenta con una configuración típica de canales de voz en cada sitio o nodo remoto, los cuales son 2 o 4 según sea el caso. En la figura 3.2 (siguiente página) se muestra el diagrama de conectividad del nodo central y 2 nodos remotos con la configuración típica de canales de voz, el plan de marcación, el direccionamiento IP LAN, así como los anchos de banda de los enlaces dedicados de cada nodo remoto y del nodo central. Este diagrama permite obtener la información de configuración por nodo y observar la topología estrella de la red. En la figura se muestran los nodos de Distribuidora 23, Guasave, y Distribuidora 5, Nuevo Laredo, los cuales son sitios remotos típicos de la red.

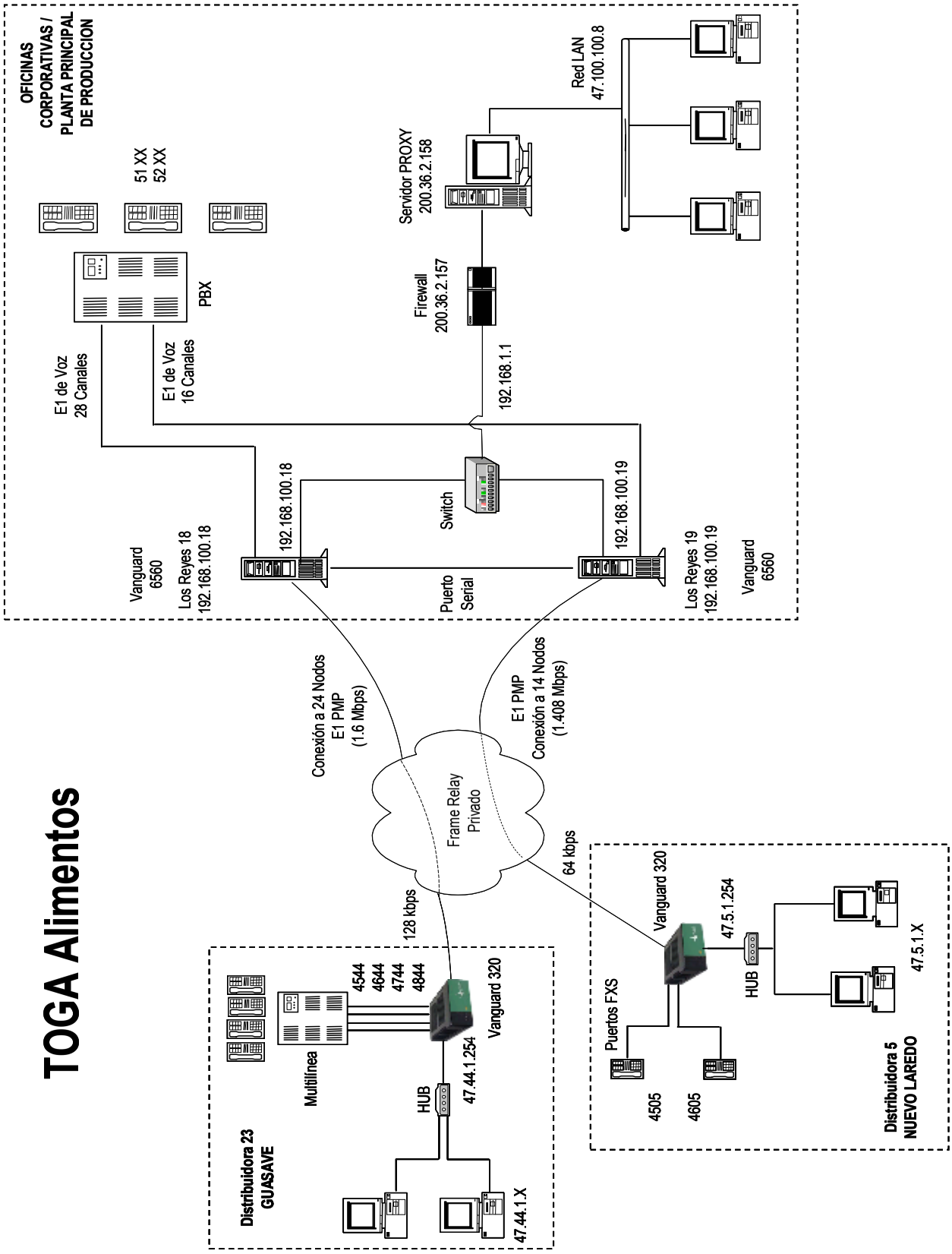


Figura 3.2. Diagrama de conectividad típico de nodos con 2 y 4 canales de voz.

3.7. Gráficas del tráfico de la red

En las figuras 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 se muestran, por ancho de banda de 64 kbps, 128 kbps, 192 kbps y 2 048 kbps, el tráfico de voz y datos en la red. Se muestra el tráfico sólo de un nodo por tipo de ancho de banda. También, cada gráfica muestra el porcentaje y pico de utilización del ancho de banda y ancho de banda comprometido (CIR), así como el porcentaje de envío y recepción (descarga) de *Frames* por el tráfico de voz y datos por día durante el mes de mayo de 2006.

En la figura 3.3 observamos que los días 5, 6 y 7 del mes no hubo actividad en la red ya que ésta estuvo fuera de operación por mantenimiento preventivo programado. En la gráfica se puede observar que el porcentaje del pico de utilización de las aplicaciones de voz y de datos, en un enlace dedicado de 64 kbps, con un *CIR* igual al ancho de banda físico del enlace, es cercano al 100%, y que el porcentaje del promedio de utilización del enlace dedicado es cercano a un valor máximo del 75%, es decir, el enlace es utilizado casi al 100% por todas las aplicaciones de voz y datos en el pico de utilización y en un 75% en el porcentaje promedio por las aplicaciones de datos, las cuales son *SAP* y navegación por Internet.

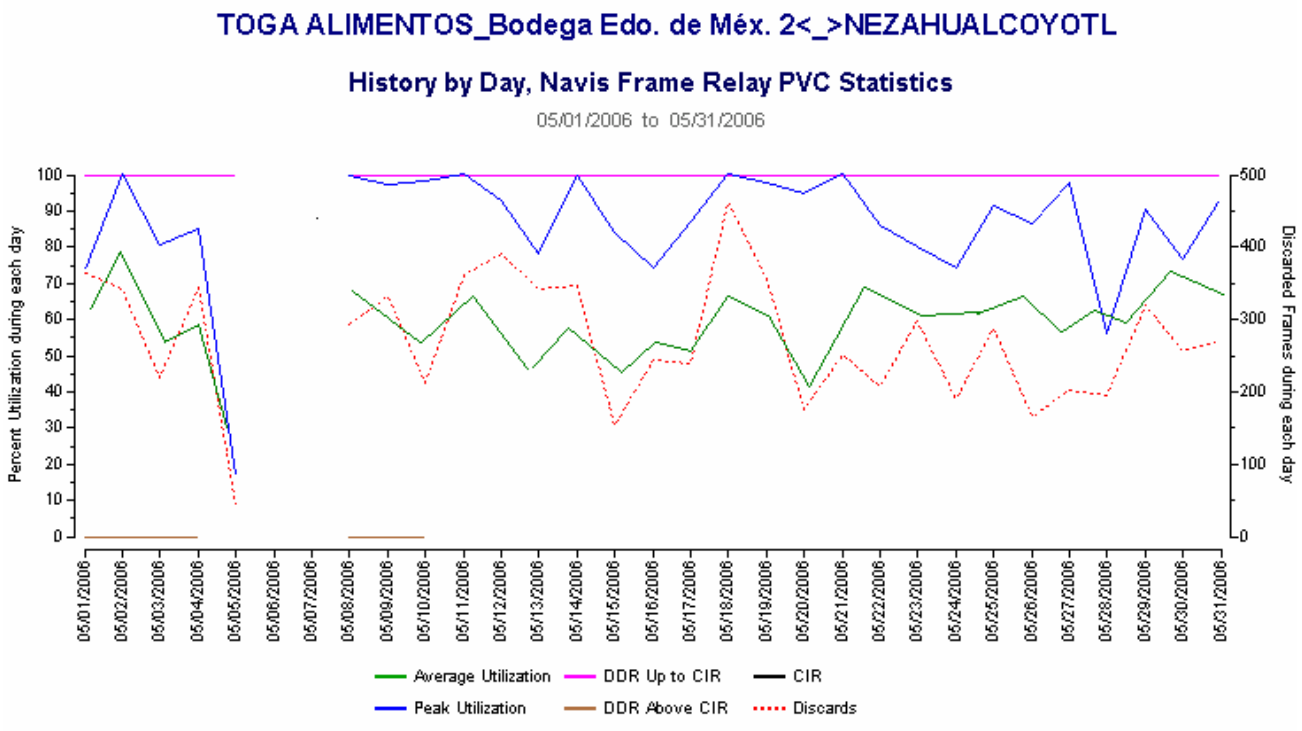


Figura 3.3. Tráfico de voz y datos, enlace de 64 kbps.

En la gráfica de la figura 3.4 se puede observar que el porcentaje del pico de utilización de las aplicaciones de voz y de datos es cercano al 100%, y que el porcentaje del promedio de utilización del enlace dedicado es cercano en un valor máximo al 76%, por lo que, el enlace es utilizado casi al 100% por todas las aplicaciones de voz y datos en el pico de utilización y en un 76% en el porcentaje promedio por las aplicaciones de datos, las cuales son *SAP* y navegación por Internet.

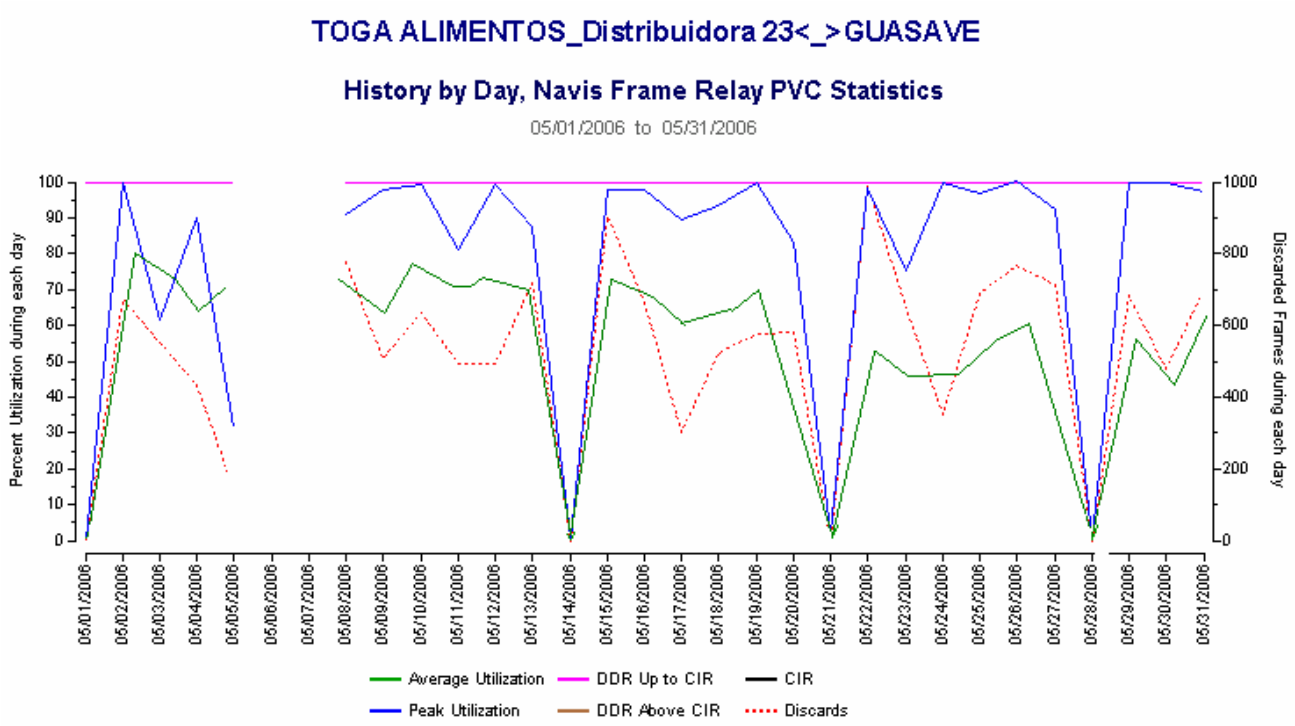


Figura 3.4. Tráfico de voz y datos, enlace de 128 kbps.

En la gráfica de la figura 3.5 se puede observar que el porcentaje del pico de utilización de las aplicaciones de voz y de datos, en un enlace dedicado de 192 kbps, con un *CIR* igual al ancho de banda físico del enlace, es cercano al 94.3%, y que el porcentaje del promedio de utilización del enlace dedicado es cercano a un valor máximo del 86%.

Es decir, el enlace es utilizado casi al 94.3% por todas las aplicaciones de voz y datos en el pico de utilización y en un 86% en el porcentaje promedio por las aplicaciones de datos, las cuales son *SAP* y navegación por Internet.

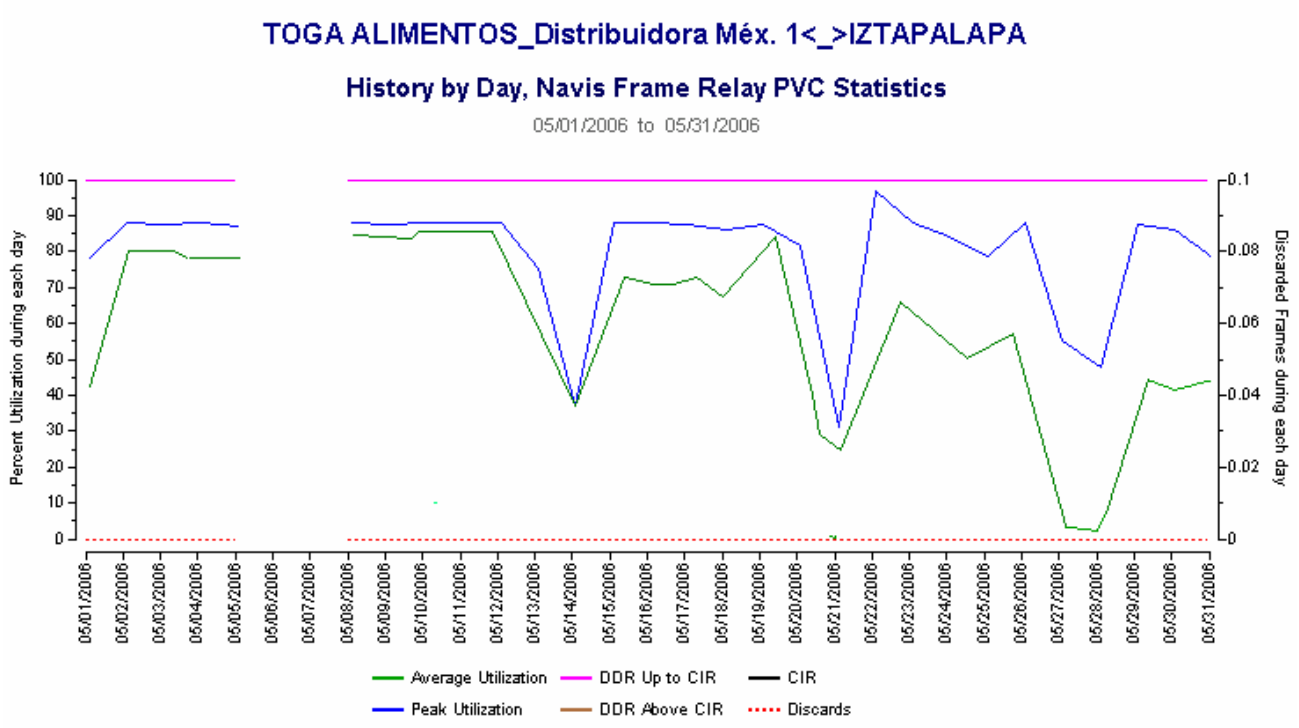


Figura 3.5. Tráfico de voz y datos, enlace de 192 kbps.

En la gráfica de la figura 3.6 se presenta la gráfica del enlace E1 punto multipunto del nodo central del Swicth Vanguard 6560, llamado “Los Reyes 18”, y en ella se puede observar que el porcentaje del pico de utilización de las aplicaciones de voz y de datos del enlace dedicado de 2 048 kbps, con un *CIR* igual a 1 600 kbps del ancho de banda físico del enlace, es cercano al 78%, y que el porcentaje del promedio de utilización del enlace dedicado es cercano a un valor máximo del 62%. Es decir, el enlace es utilizado casi al 78% por todas las aplicaciones de voz y datos en el pico de utilización y en un 62% en el porcentaje promedio por las aplicaciones de datos, las cuales son *SAP* y navegación por Internet.

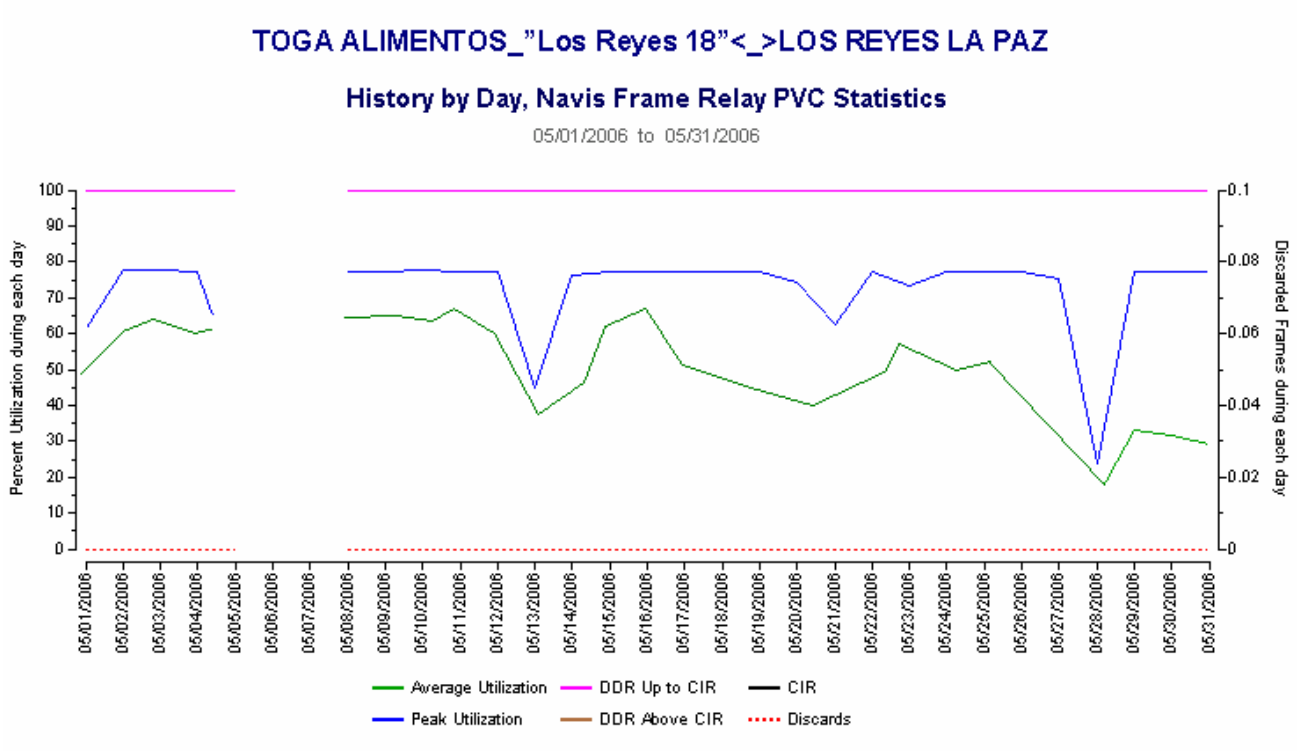


Figura 3.6. Tráfico de voz y datos, enlace de 2048 kbps.

Con los antecedentes de las características y funcionalidades de la red privada de comunicaciones de TOGA Alimentos con tecnología de transporte en *Frame Relay*, podemos ahora realizar un estudio para el diseño de una red bajo otra plataforma de tecnología de comunicaciones.

3.8. Evaluación y análisis de costos

Para tener un análisis completo de la red que opera actualmente en TOGA Alimentos, es necesario realizar el análisis de costos para determinar la carga económica que representa la misma a la empresa. Dicho antecedente nos permitirá hacer un comparativo exacto de los beneficios tecnológicos y económicos, a corto, mediano y largo plazo, que se podrían obtener con la integración de la nueva red.

Los equipos *FRADS,* Vanguard 320, y los Switches en *Frame Relay,* Vanguard 6560, instalados en la red de comunicaciones de TOGA Alimentos fueron adquiridos en compra directa en 1999 y actualmente de forma contable se encuentran totalmente depreciados, por lo que el costo mensual de la red lo representan únicamente los gastos de la renta mensual de los dos enlaces dedicados o privados punto multipunto, que se tienen en el nodo central y los enlaces dedicados instalados en cada sitio remoto. Esto es, sólo los servicios de red de los enlaces dedicados o líneas privadas prestados por el *Carrier* tienen un costo.

La renta mensual es el costo del enlace dedicado según su ancho de banda en cada sitio y la distancia que existe entre el nodo central y cada sitio remoto de la red, conocido como tramo de larga distancia.

Los enlaces dedicados, de los sitios ubicados en el Estado de México, se consideran como enlaces locales, ya que se encuentran en la misma entidad del nodo central, por lo que no se considera el tramo de larga distancia entre ellos y el nodo central como un costo en la renta mensual de dichos enlaces.

La siguiente ecuación muestra cómo se calcula el costo por enlace dedicado o privado:

Renta mensual = Renta Fija del enlace según el ancho de banda + (Renta del Tramo de Larga Distancia * Distancia en kilómetros entre el sitio central y cada sitio remoto)

La renta de los enlaces dedicados o privados de la red, al día de hoy, es de $ 190,476.00 mensuales.

En la tabla 3.5 se muestran los costos de la renta mensual por cada enlace de la red, indicando el costo por tramo de larga distancia y la distancia en kilómetros entre el nodo central y cada uno de ellos.

Sitio / Nodo	Ancho de Banda (kbps)	Distancia (km)	Renta Acceso			Renta Total
			Fija	Cargo por km	Tramo Larga Distancia	
Oficinas Corporativas y Planta Principal de Producción	2 E1 (2048 cada uno)	0	$19,832.00	$0.00	$0.00	$19,832.00
Bodega Edo. de Méx. 1	192	0	$2,042.00	$0.00	$0.00	$2,042.00
Bodega Edo. de Méx. 2	64	0	$907.00	$0.00	$0.00	$907.00
Distribuidora Méx. 1	192	15	$1,503.00	$36.00	$540.00	$2,043.00
Distribuidora Méx. 2	128	32	$955.00	$36.00	$1,152.00	$2,107.00
Distribuidora Edo. de Méx. 1	192	0	$2,042.00	$0.00	$0.00	$2,042.00
Distribuidora Edo. de Méx. 2	128	0	$2,042.00	$0.00	$0.00	$2,042.00
Grupo D.F.	64	32	$502.00	$13.00	$416.00	$918.00
Grupo San Luis	64	455	$1,956.00	$3.00	$1,365.00	$3,321.00
Grupo Guerrero	64	420	$1,956.00	$3.00	$1,260.00	$3,216.00
Grupo Sonora	64	1981	$2,751.00	$3.00	$5,943.00	$8,694.00
Grupo Norte	64	957	$2,751.00	$3.00	$2,871.00	$5,622.00

Tabla 3.5. Costo de los enlaces dedicados de la red por sitio. (Continúa)

Sitio / Nodo	Ancho de Banda (kbps)	Distancia (km)	Renta Acceso			Renta Total
			Fija	Cargo por km	Tramo Larga Distancia	
Grupo Noroeste	64	577	$1,956.00	$3.00	$1,731.00	$3,687.00
Grupo Sureste	64	486	$1,956.00	$3.00	$1,458.00	$3,414.00
Distribuidora 1	64	1872	$2,751.00	$3.00	$5,616.00	$8,367.00
Distribuidora 2	64	1293	$2,751.00	$3.00	$3,879.00	$6,630.00
Distribuidora 3	64	952	$2,751.00	$3.00	$2,856.00	$5,607.00
Distribuidora 4	64	425	$1,956.00	$3.00	$1,275.00	$3,231.00
Distribuidora 5	64	1180	$2,751.00	$3.00	$3,540.00	$6,291.00
Distribuidora 6	64	120	$1,047.00	$9.00	$1,080.00	$2,127.00
Distribuidora 7	64	247	$1,956.00	$3.00	$741.00	$2,697.00
Distribuidora 8	64	688	$1,956.00	$3.00	$2,064.00	$4,020.00
Distribuidora 9	64	96	$502.00	$13.00	$1,248.00	$1,750.00
Distribuidora 10	64	1006	$2,751.00	$3.00	$3,018.00	$5,769.00
Distribuidora 11	64	805	$1,956.00	$3.00	$2,415.00	$4,371.00
Distribuidora 12	64	543	$1,956.00	$3.00	$1,629.00	$3,585.00
Distribuidora 13	64	171	$1,956.00	$3.00	$ 513.00	$2,469.00
Distribuidora 14	64	1500	$2,751.00	$3.00	$4,500.00	$7,251.00
Distribuidora 15	64	3076	$2,751.00	$3.00	$9,228.00	$11,979.00

Tabla 3.5. Costo de los enlaces dedicados de la red por sitio. (Continúa)

Sitio / Nodo	Ancho de Banda (kbps)	Distancia (km)	Renta Acceso			Renta Total
			Fija	Cargo por km	Tramo Larga Distancia	
Distribuidora 16	64	1406	$2,751.00	$3.00	$4,218.00	$6,969.00
Distribuidora 17	64	334	$1,956.00	$3.00	$1,002.00	$2,958.00
Distribuidora 18	64	155	$1,047.00	$9.00	$1,395.00	$2,442.00
Distribuidora 19	64	2846	$2,751.00	$3.00	$8,538.00	$11,289.00
Distribuidora 20	64	1152	$2,751.00	$3.00	$3,456.00	$6,207.00
Distribuidora 21	64	450	$1,956.00	$3.00	$1,350.00	$3,306.00
Distribuidora 22	64	354	$1,956.00	$3.00	$1,062.00	$3,018.00
Distribuidora 23	128	1093	$5,227.00	$5.00	$5,465.00	$10,692.00
Distribuidora 24	128	32	$955.00	$24.00	$768.00	$1,723.00
Distribuidora 25	64	1030	$2,751.00	$3.00	$3,090.00	$5,841.00
					RENTA TOTAL MENSUAL	**$190,476.00**

Tabla 3.5. Costo de los enlaces dedicados de la red por sitio.

Adicionalmente a la renta mensual de la red que se paga al proveedor de servicios, se tiene que contemplar el costo generado por el mantenimiento mensual de los equipos *FRADS* de los sitios remotos y los Switches Vanguard del nodo central. El costo anual por el mantenimiento de los 2 Switches Vanguard 6560 del nodo central es de $ 18,000.00 M.N. y el costo anual por mantenimiento de cada *FRAD* Vanguard 320 de un sitio remoto es de $ 4,500.00 M.N.

En la tabla 3.6 podemos observar el impacto que ejerce el costo anual y mensual por mantenimiento de la red en *Frame Relay* actual.

Tipo de equipo	Cantidad	Costo anual por mantenimiento	Costo anual total por mantenimiento	Costo mensual total por mantenimiento
***FRAD* Vanguard 320**	38	$ 4,500.00	$ 171,000.00	**$ 14,250.00**
Switch Vanguard 6560	2	$ 9,000.00	$ 18,000.00	**$ 1,500.00**
		Total	**$ 189,000.00**	**$ 15,750.00**

Tabla 3.6. Costo por mantenimiento de la red actual.

En la tabla 3.7 se presenta el costo mensual total de la red de TOGA Alimentos. Este costo es importante, ya que se debe considerar el mismo en la evaluación económica que representa el migrar la red actual de *Frame Relay* hacia una red de comunicaciones bajo la plataforma IP MPLS.

Concepto	Costo mensual
Enlaces dedicados	$ 190,476.00
Mantenimiento de los equipos de comunicaciones de la red	$ 15,750.00
Total	**$ 206,226.00**

Tabla 3.7. Costo mensual total de la red actual de comunicaciones.

Con los antecedentes de las características y funcionalidades de la red privada de comunicaciones de TOGA Alimentos con tecnología de transporte en *Frame Relay*, podemos ahora realizar un estudio para el diseño de una red bajo otra plataforma de tecnología de comunicaciones, la cual en el presente estudio es IP MPLS, misma que se detallará en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA RED IP MPLS

En este capítulo presentamos el diseño de la red de comunicaciones bajo una plataforma IP MPLS, a partir de la red de enlaces privados con tecnología de transporte en *Frame Relay* con la que cuenta actualmente la compañía TOGA Alimentos. Se detallan las funcionalidades del tráfico de voz y de datos, el direccionamiento IP de la red LAN y la red WAN, el plan de marcación de voz, los anchos de banda de los enlaces, así como la topología de la red bajo la nueva plataforma.

Actualmente las redes de comunicaciones han evolucionado en gran medida. Los servicios que éstas prestan son facilitadas principalmente por *Carriers*, los cuales ofrecen redes públicas o privadas virtuales que son de su propiedad.

Los *Carriers* rentan su infraestructura para que un gran número de empresas la compartan, sin la necesidad de que éstas tengan que invertir en infraestructura propia, así como de realizar las actividades de administración, operación y mantenimiento, la cual queda a cargo del propio *Carrier*. De esta forma, las empresas pueden gozar de todos los servicios de red en forma individual.

4.1. Análisis de la plataforma de transporte en comunicaciones a elegir

Dados los avances tecnológicos actuales, la red de TOGA Alimentos es obsoleta, en particular por la parte de la plataforma de los equipos *FRADS* que actualmente están instalados y operando. La red está expuesta a dejar de funcionar en breve tiempo, ya que sus equipos de comunicaciones prácticamente están en desuso.

Por otro lado, se presenta un alto gasto mensual en la red privada actual, por la parte del pago de la renta mensual del uso de los enlaces dedicados, así como por el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de comunicaciones, lo cual hace que la red sea, además de obsoleta, costosa.

Dada la situación actual, TOGA Alimentos tiene el reto de permanecer con su misma red o bien migrar hacia los cambios de la tecnología en las redes de comunicaciones.

Las tecnologías de transmisión de datos empleadas en las redes públicas o redes privadas virtuales, mejor conocidas como *VPN*, que ofrecen los proveedores de servicio o *Carriers*, pueden estar basadas en el protocolo *IP*, *Frame Relay* o *ATM*. En particular para las redes que manejan protocolo *IP* existen 2 tipos:

- Internet. Estas redes funcionan sin garantía de servicio (calidad y velocidad) pero con gran cobertura; hacen uso de la red de telefonía local, conocida como *PSTN*.

- IP MPLS o de Conmutación de Multiprotocolos por Etiqueta. En este tipo de redes, el *Carrier* ofrece garantías de seguridad y velocidad, permitiendo así contar con distintas clases de servicio para las aplicaciones de voz, de datos y de video dentro de su red. La plataforma IP MPLS es un estándar de la IETF que combina la inteligencia del ruteo IP (Capa 3 del Modelo *OSI*) con la rapidez de Conmutación (Capa 2 del Modelo *OSI*).

La propuesta de solución que se presenta en este trabajo, plantea un esquema basado en la migración hacia una red IP MPLS. Se ha escogido migrar la red actual de TOGA Alimentos hacia este tipo de red por las siguientes razones:

- Las redes privadas virtuales o redes públicas en *Frame Relay* no presentan la característica de calidad de servicio (*QoS*) a pesar de ser una tecnología madura, ya que *Frame Relay* surgió como una mejora del protocolo *X.25*, el cual desde sus inicios fue una forma de transmisión de datos solamente, sin considerar la transmisión de voz. Adicionalmente, TOGA Alimentos maneja ya de por sí *Frame Relay* privado en los enlaces dedicados que tiene en su red, por lo que no tiene sentido manejar *Frame Relay* Público, a pesar de que ésta represente, entre otros puntos, un ahorro en los gastos mensuales.

- No se eligió la tecnología de transporte en *ATM* ya que a pesar de que presenta la característica de calidad de servicio, tanto para la transmisión de voz, datos y vídeo, *ATM* no prosperó en el mercado de las comunicaciones y la mayoría de los *Carriers* no comercializan este tipo de tecnología de transporte. De hecho en el mercado nacional ningún *Carrier* ofrece *ATM* Público.

- No se elige una red pública de acceso a Internet, ya que tampoco la red de Internet maneja calidad de servicio. Esto es, la integridad de la información de datos está expuesta en la red, ya que la misma es Pública (cualquiera puede tener acceso a Internet), por lo que no se cuenta con una seguridad en la transmisión de información, adicionalmente de que la transmisión de voz puede presentar retardos, eco e inclusive distorsión.

- Las redes privadas virtuales, o redes públicas en IP MPLS, utilizan enlaces locales en lugar de enlaces dedicados o privados. Los enlaces locales se entregan en un sitio específico de la red y se conectan a la central local más cercana del *Carrier*. Desde este punto, el *Carrier* se encarga de enlazar o conectar el sitio en particular con todos los demás sitios de la red, permitiendo así una topología de la red en malla o "*Full Mesh*". De esta forma, todos los sitios de la red no dependen de un sitio central para

conectarse unos con otros, como en una red privada, en donde la topología de la red generalmente es en estrella.

- La renta mensual de los enlaces locales es más barata que la renta de los enlaces dedicados o privados, ya que el *Carrier* cobra la renta de los enlaces locales desde el sitio en particular hasta la central más cercana, y para el caso de un enlace privado, la renta se cobra desde el sitio hasta el nodo central de la red, lo cual hace que las distancias hagan la diferencia de costo entre ambos enlaces.

- El manejo del ancho de banda del enlace local es dinámico, es decir, el tráfico por voz y datos comparten el ancho de banda, ya que no se utilizan *PVC's* o circuitos privados virtuales para cada aplicación, garantizando siempre calidad de servicio entre los tráficos de voz, datos y video.

- La plataforma de voz por *IP* en una red IP MPLS, proporciona diferentes servicios como:

  - Implementación de un plan de marcación privado, que permite establecer conferencias telefónicas entre los diferentes sitios que pertenecen a la red utilizando un plan de numeración definido, que facilita la marcación al usuario. Toda la inteligencia de ruteo de llamadas se establece en la Plataforma IP MPLS.

  - Facilita e integra la salida a la red pública de Larga Distancia, mediante el mismo puerto IP sin necesidad de líneas telefónicas adicionales.

  - Permite conectar los PBX o Multilíneas a ruteadores equipados con Voz IP con el protocolo *SIP*.

- La plataforma de una red IP MPLS proporciona el monitoreo remoto vía Web, donde se visualiza el desempeño de los enlaces locales por cada sitio que pertenece a la red privada virtual. Proporciona información del porcentaje de utilización en tiempo real y el histórico del desempeño de los enlaces en días, semanas y meses.

En este caso, para nuestro proyecto, presentaremos el esquema de diseño hacia una red IP MPLS, ya que actualmente es una plataforma que no es emergente y se encuentra madura. IP MPLS garantiza una forma más eficiente de hacer las comunicaciones de datos, voz, video e Internet, a través de una plataforma que posee la característica de calidad de servicio de extremo a extremo en cada uno de los sitios. Permite además un incremento en la velocidad de la información en la red e integridad y seguridad de la misma, así como la obtención de ahorros en gastos operativos, que son los requerimientos de TOGA Alimentos.

4.2. Determinación de los Anchos de Banda

El ancho de banda del enlace local de cada sitio con tecnología IP MPLS, se determina como en cualquier otro tipo de tecnología de transporte, es decir, a partir del ancho de banda que requiere cada aplicación de voz y de datos.

Para el tráfico de información en la red, se han definido los siguientes criterios de la calidad de servicio (*QoS*) para cada aplicación de voz y de datos:

Tráfico de voz	Tienen la más alta prioridad y calidad de servicio en la red sobre cualquier otro tipo de tráfico.
Tráfico *SAP*	Tienen la prioridad y calidad de servicio más alta para datos. Se les considera como "*datos críticos*".
Tráfico Internet	Tienen la prioridad y calidad de servicio más baja para datos. Se les considera como datos que realizan "el mejor esfuerzo" para transmitir en la red. Se conocen también como "*datos best effort*".

Se considera también que en una red IP MPLS, el manejo del tráfico de voz y de datos es dinámico, como se mencionó anteriormente, es decir, que en todo momento el enlace local es utilizado eficientemente, compartiendo las aplicaciones el ancho de banda total del enlace.

Por ejemplo: cuando se cursa tráfico de voz y datos *SAP*, como la prioridad más alta la tiene el tráfico de voz para transmitir y recibir antes que la aplicación *SAP*, el tráfico de voz pasará primero en el enlace que el tráfico de datos *SAP*, con ello, se garantiza la calidad de servicio establecida. En el momento en que se termina una llamada de voz, todo el ancho de banda es utilizado por *SAP*; y si fuera el caso de que, en un instante determinado sólo se cursara tráfico de navegación en Internet y no se cursara tráfico de voz y de datos *SAP*, el ancho de banda completo del enlace será utilizado para navegar en Internet. Sin embargo, siempre existirán prioridades para el uso del ancho de banda del enlace, según la política de calidad de servicio establecida, que para el caso de la red en IP MPLS de TOGA Alimentos es la mencionada anteriormente.

Para el caso del tráfico de voz en IP MPLS se utilizan 22 kbps para cada canal de voz, de acuerdo al protocolo *SIP*, el cual comprime el canal de voz de 64 kbps en *PCM* a 22 kbps en *IP*. *SIP* es un protocolo reconocido como un estándar por la IETF.

Cómo se mencionó en el capítulo 3, los sitios remotos de la Distribuidora 23, Guasave; Distribuidora México 2, Azcapotzalco; y Distribuidora 24, Benito Juárez, utilizan 4 canales de voz y los demás sitios remotos utilizan sólo 2 canales de voz. También se mencionó que para el envío y recepción de datos se utiliza la aplicación de software llamada *SAP*, además de navegación en Internet en los sitios de la red.

Partiendo de los datos del ancho de banda utilizado *SAP* y navegación en Internet, así como por el número de canales de voz en cada sitio, expuestos en el capítulo 3, se puede determinar el ancho de banda de cada enlace local por sitio de la red. Se conoce también que no más de 2 a 3 sitios remotos envían o reciben información por *SAP* e Internet simultáneamente al nodo central, por lo que se ha decidido tomar el valor de 2.5.

Con relación a los canales de voz a considerar en el nodo central, se toman para el cálculo del ancho de banda que se necesita el número máximo de canales de voz que tienen los dos Switches Vanguard 6560, los cuales son los mismos que tiene conectados el conmutador de voz de las oficinas corporativas y planta principal de producción, que son 44 en total.

Para los sitios remotos y nodo central se tienen las siguientes ecuaciones para calcular el ancho de banda:

Ancho de banda del sitio remoto = ancho de banda por datos (*SAP* e Internet) + (número de canales de voz en cada sitio * 22 kbps) Ecuación (4.1)

Ancho de banda del nodo central = ∑ (ancho de banda por datos de sitios remotos) / 2.5 + (44 canales de voz * 22 kbps) Ecuación (4.2)

Considerando los anchos de banda por datos de los sitios remotos de la red, tenemos:

32 sitios remotos que tienen un ancho de banda para datos de 48 kbps
3 sitios remotos que tienen un ancho de banda para datos de 99 kbps
3 sitios remotos que tienen un ancho de banda para datos de 165 kbps

Para un primer caso, considerando un ancho de banda de 48 kbps y 2 canales de voz, y sustituyendo valores en la ecuación 4.1, tenemos:

Ancho de banda del sitio remoto = 48 kbps + (2*22) = 48 + 44 = 92 kbps

Para un ancho de banda de datos de 99 kbps y 4 canales de voz, tenemos:

Ancho de banda del sitio remoto = 99 kbps + (4*22) = 99 + 88 = 187 kbps

Para un ancho de banda de datos de 165 kbps y 2 canales de voz, tenemos:

Ancho de banda del sitio remoto = 165 kbps + (2*22) = 165 + 44 = 209 kbps

Sustituyendo valores en la ecuación 4.2 y considerando los 44 canales de voz conectados en el nodo central, tenemos:

Ancho de banda del nodo central = ((32*48 kbps) + (3*99 kbps) + (3*165 kbps)) / 2.5 + (44*22 kbps)

Ancho de banda del nodo central = 931.2 kbps (por datos) + 968 kbps (por voz) = 1,899.2 kbps

En la tabla 4.1 se presenta el ancho de banda correspondiente del enlace local propuesto por sitio.

Tipo de sitio / nodo	**Ancho de banda utilizado por datos (kbps)**	**Canales de voz**	**Ancho de banda utilizado por voz en *SIP* (kbps)**	**Ancho de banda total del enlace local (kbps)**	**Ancho de banda propuesto del enlace local (kbps)**
Distribuidora o Grupo (32 en Total)	48	2	44	92	128
Distribuidora 23 Distribuidora Méx. 2 Distribuidora 24	99	4	88	187	192
Bodega Edo. de Méx. 1 Distribuidora Edo. de Méx. 1 Distribuidora Méx. 1	165	2	44	209	192
Oficinas Corporativas y Planta Principal de Producción	931.2	44	968	1899.2	2048

Tabla 4.1. Anchos de banda propuestos de los enlaces locales en la red IP MPLS.

Para los sitios de Bodega Edo. de Méx. 1, Distribuidora Edo. de Méx. 1 y Distribuidora Méx. 1, se ha sugerido un ancho de banda menor al calculado, ya que en un momento dado se puede prescindir de un canal de voz y sólo utilizar uno para la comunicación de voz con el nodo central o bien con los demás nodos. Adicionalmente, el ancho de banda más cercano que comercializan los *Carriers* para un ancho de banda de 209 kbps es de 192 kbps o bien 256 kbps, éste último demasiado grande para el nodo ya que no se utilizarían o bien serían ociosos 47 kbps del enlace local y el primero no es suficiente para las aplicaciones requeridas.

4.3. Equipos de la red

Como se mencionó en el capítulo 3, los equipos instalados en la red de comunicaciones son equipos *FRADS* y *Switches* que realizan encapsulamiento en *Frame Relay*, creando sus propios PVC's, a través de los cuales se cursa el tráfico de voz y datos en cada sitio, mismos que no soportan IP MPLS. Por lo anterior, los equipos mencionados deben ser sustituidos por equipos de telecomunicaciones que soporten IP MPLS. Los equipos que soportan dicha tecnología actualmente son los equipos conocidos como *routers* y *Switches* WAN.

En una red privada virtual, el *Carrier* es quién forma o "crea" la red WAN en IP MPLS, y dentro de ella se tienen instalados los *Switches* que forman la "*Nube IP MPLS*", por lo que no es necesario que en el nodo central, ubicado en la planta principal de producción y la oficina corporativa, se instalen los equipos *Switches* para "crear" la red WAN, como en el caso de la red privada en *Frame Relay*, de tal forma que se instalarán *routers* en todos los sitios, incluyendo el nodo central.

Derivado del manejo dinámico del ancho de banda y la calidad de servicio asignado a cada tipo de tráfico en la red IP MPLS, en el nodo central se instalará un *router*, ya que sólo se requiere de un enlace dedicado con un acho de banda de 2,048 kbps o E1. También en los sitios remotos se instalará un *router* que soporte enlaces de 128 kbps o 192 kbps con 2 o 4 canales de voz según corresponda.

Por la parte de datos, el *router* del nodo central se conectará con su propio puerto Ethernet a la red LAN de las oficinas corporativas y a la planta principal de producción, mediante el

Switch LAN existente para dar el servicio de datos. De igual forma se seguirán utilizando los equipos *Firewall* y *PROXY*, con que cuenta TOGA Alimentos para su seguridad informática e identificación de usuarios, para enviar o recibir tráfico de datos hacia los nodos remotos.

Con relación al tráfico de voz, el *router* del nodo central deberá conectar los 44 canales de voz que tiene operando el Conmutador de las oficinas corporativas y planta principal de producción, por lo que se necesitará que el *router* soporte dos conexiones E1 de voz para tal fin, ya que uno de ellos utiliza 28 de los 30 canales de voz disponibles del propio E1 para dar el servicio de voz a 24 sitios remotos de la red y el segundo utiliza 16 canales de voz del enlace E1 para dar servicio a los 14 sitios remotos restantes de la red.

Los equipos que se han decidido instalar en los sitios de la red son equipos marca CISCO, los cuales soportan las aplicaciones de la tecnología IP MPLS.

El modelo de los equipos CISCO que se han elegido son la serie 2800, los cuales son equipos flexibles y escalables, es decir, crecen en aplicaciones de voz y de datos, ya que soportan distintas conexiones. Por ejemplo, para voz, soportan los canales *FXS* o bien conexiones E1 hacia el Conmutador, mismas que son requeridas por los equipos de voz de TOGA Alimentos, así como 1 ó 2 puertos LAN y conexiones hacia la red WAN, como son los enlaces de 128 kbps, 192 kbps y 2048 kbps. Los dos primeros enlaces utilizan interfaces V.35 y el último utiliza la interfaz en G.703, ambas cumplen las normas de la ITU y la CCITT.

Para los sitios que requieren enlaces de 128 kbps y 192 kbps, se proponen los equipos CISCO modelo 2801, con 2 ó 4 canales de voz, una interfaz V.35 hacia la WAN y un puerto o dos ethernet para la red LAN.

Para el nodo central se propone un equipo CISCO modelo 2811, el cual soporta 2 interfaces E1 de voz, para los 44 canales de voz que tiene operando el Conmutador, así como la interfaz E1 que se necesita para el enlace de 2,048 kbps hacia la red WAN y un puerto o dos ethernet para la red LAN.

Tomando en cuenta los requerimientos de voz, de datos y el enlace local sugerido, se tienen 4 tipos de sitios, mismos que deben ser cubiertos por los equipos serie 2800 de CISCO propuestos, ver tabla 4.2.

Tipo	Cantidad	Modelo router CISCO	Requerimiento para interfaces de voz y WAN	Ancho de banda (kbps)
1	32	2801	2 FXS / V.35	128
2	3	2801	2 FXS / V.35	192
3	3	2801	4 FXS / V.35	192
4	1	2811	2 E1 de Voz / 1 E1 WAN	2048

Tabla 4.2. Tipos de sitios de la red y requerimientos para equipos *routers* CISCO.

Las características técnicas de las interfaces para voz y datos de los equipos CISCO 2801 de los sitios tipo 1, 2 y 3 son muy similares. Habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Soporta tanto los enlaces con un ancho de banda de 128 kbps o bien de 192 kbps a través de su interfaz V.35, para cualquiera de los tres tipos de sitio.

- Soporta 2 ó 4 canales de voz *FXS*. En el caso de los sitios tipo3, la única diferencia es la cantidad de nodos de voz que se requieren, los cuales son 4.

Las características técnicas de las interfaces para voz y datos del equipo CISCO 2811 del nodo central, el cual corresponde al sitio tipo 4, son diferentes a las de los equipos CISCO 2801 de los sitios tipos 1, 2 y 3 (sitios remotos), las cuales son:

- Soporta el enlace con un ancho de banda de 2,048 kbps a través de su interfaz E1, para conectarse hacia el enlace local de la red WAN.

- Soporta 2 interfaces E1 para conectarse hacia el Conmutador.

Dentro de la nomenclatura de los números de parte presentada por el fabricante de equipos marca CISCO, se conoce como tarjeta de interfaz WAN (WIC) a todas las interfaces que se utilizan para conectarse hacia los enlaces locales de la red IP MPLS. Por ejemplo, para la interfaz V.35, se describe como “**WIC**-1T” y para la interfaz E1 como “V**WIC**2-1MFT-T1/**E1**”.

Para el caso de voz, se conocen como tarjetas de interfaz de voz (VIC) a las interfaces que se utilizan para conectar los canales de voz *FXS*. Por ejemplo, para 2 canales de voz *FXS*, se describe como "**VIC**2-**2FXS**" y para 4 canales de voz *FXS* como "**VIC**-**4FXS**/DID". En el caso de los 2 E1 de voz que se requieren para conectarse al Conmutador, se conoce como tarjeta de alta densidad de voz digital (HDV) y se describe como "NM-**HDV**2-2T1/**E1**".

Las características técnicas de las interfaces para voz y datos de los equipos CISCO, según el tipo de sitio, se presentan en las siguientes tablas:

Cantidad	No. Parte	Descripción
1	CISCO2801	2801 w/CA PWR, 2FE, 4slots(2HWIC), 2PVDM, 2AIM, IP BASE, 64F/128D
1	WIC-1T	Tarjeta de interfaz WAN con un puerto serial
1	VIC2-2FXS	Tarjeta de interfaz de voz con cuatro puertos FXS
1	S280IPV-12314T	IOS IP de voz para Cisco 2801
1	CAB-V35MT	Cable DTE macho para puerto V.35, 10 pies
1	CAB-AC	Cable de corriente para 110 volts
1	PVDM2-8	Módulo DSP (Digital Signal Process) para 8 canales de voz y fax
1	MEM2800-64CF-INC	Memoria de 64 MB para *routers* CISCO serie 2800
1	PWR-2801-AC	Fuente de poder de corriente alterna para *router* CISCO 2801
1	ROUTER-SDM	Administrador para dispositivos *routers*

Tabla 4.3. Sitios Tipo1 y 2 con interfaz V.35, 2 puertos Fastethernet y 2 puertos *FXS*.

Cantidad	No. Parte	Descripción
1	CISCO2801	2801 w/CA PWR, 2FE, 4slots(2HWIC), 2PVDM, 2AIM, IP BASE, 64F/128D
1	WIC-1T	Tarjeta de interfaz WAN con un puerto serial
1	VIC-4FXS/DID	Tarjeta de interfaz de voz con cuatro puertos FXS
1	S280IPV-12314T	IOS IP de voz para Cisco 2801
1	CAB-V35MT	Cable DTE macho para puerto V.35, 10 pies
1	CAB-AC	Cable de corriente para 110 volts
1	PVDM2-8	Módulo DSP (Digital Signal Process) para 8 canales de voz y fax
1	MEM2800-64CF-INC	Memoria de 64 MB para *routers* CISCO serie 2800
1	PWR-2801-AC	Fuente de poder de corriente alterna para *router* CISCO 2801
1	ROUTER-SDM	Administrador para dispositivos *routers*

Tabla 4.4. Sitios Tipo 3 con interfaz V.35, 2 puertos Fastethernet y 4 puertos *FXS*.

Cantidad	No. Parte	Descripción
1	CISCO2811-V/K9	2811 con bundle de voz, PVDM2-16, SP Serv,64F/256D
1	NM-HDV2-2T1/E1	Tarjeta de alta densidad de voz para comunicaciones IP con dos puertos E1
1	PVDM2-16U64	Actualización de paquete digital de voz de 16 canales a 64 canales de voz
1	VWIC2-1MFT-T1/E1	Tarjeta de interfaz WAN con un puerto E1
3	CAB-E1-RJ45BNC	Cable para puerto E1 con un conector RJ45 y dos conectores BNC (No balanceado)
1	CAB-AC	Cable de corriente para 110 Volts
1	S28NSPSK9-12311T	IOS para servicios de Cisco 2800
1	PWR-2811-AC	Fuente de poder de corriente alterna para *router* CISCO 2811
1	ROUTER-SDM	Administrador para dispositivos *routers*
1	MEM2800-256D-INC	Memoria dinámica de 256 MB para *routers* CISCO serie 2800
1	MEM2800-64CF-INC	Memoria de 64 MB para *routers* CISCO serie 2800

Tabla 4.5. Sitio Tipo 4 con 2 interfaces G.793 para voz, 1 interfaz G.703 para WAN, 2 puertos Fastethernet.

4.4. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP de la red

Para el diseño de la red en IP MPLS, se considera que el plan de marcación de voz y el direccionamiento IP de la red LAN que tiene actualmente la red de TOGA Alimentos debe respetarse y no modificarse. Las reglas establecidas para su administración, se mencionaron en el capítulo 3, las cuáles para un sitio remoto son:

Dirección IP LAN	Plan de marcación
47.**XX**.1.254	45**XX** / 46**XX** / 47**XX** / 48**XX**

Donde **XX** representa o identifica al sitio remoto en particular, el cual es identificado a través del segundo octeto del direccionamiento LAN, mismo que corresponde a los dos últimos dígitos para cada canal de voz, los cuales comienzan con 45 y 46 para los sitios con 2 canales de voz y para los nodos con 4 canales de voz que comienzan con 45, 46, 47 y 48, respectivamente.

Para el nodo central, el plan de marcación de voz también se conserva y se configurará con los dígitos 51 y 52, sin embargo, como sólo se tiene un equipo *router* para la red IP MPLS, en vez de dos Switches que se tienen actualmente para *Frame Relay*, se propone el siguiente direccionamiento IP LAN y nombre del nodo:

Nodo central	Dirección IP LAN	Plan de marcación
"Los Reyes"	**192.168.100.20**	**51YY / 52YY**

Donde, el *router* tendrá una nueva dirección IP LAN distinta a la que poseen los Switches Vanguard 6560 actuales, la cual es 192.168.100.20 y se denominará con un solo nombre: "Los Reyes".

Los equipos *Firewall* y *PROXY* del nodo central mantendrán sus mismas direcciones IP LAN, las cuáles son 200.36.2.157 y 200.36.2.158 respectivamente. Asimismo, la red LAN interna en la que se encuentran conectados todos los equipos *PC* de las oficinas corporativas y planta principal de producción conservan su misma dirección IP LAN , la cual es 47.100.100.ZZ, donde ZZ es el número decimal del cuarto octeto que toman los equipos *PC* desde 1 hasta 254.

Para el direccionamiento IP WAN de la red, éste será proporcionado por el *Carrier*, ya que dicho direccionamiento lo administra el proveedor de servicios por generar o "crear" la "*Nube IP MPLS*".

Se sugiere que el direccionamiento IP WAN que proporcione el *Carrier* sea el siguiente:

- La dirección IP WAN del nodo central tenga la dirección IP 172.16.1.1

- Los sitios remotos tengan la dirección IP 172.16.1.XX, donde el octeto XX de la dirección IP WAN corresponde al número decimal del segundo octeto de la dirección IP LAN o bien a los dos últimos dígitos del plan de marcación voz del sitio remoto.

- Se asigne al sitio Distribuidora 20 la dirección IP WAN 172.16.1.7, ya que se repetiría con la dirección IP WAN del nodo central. Esto es, si se respetara la regla de tomar el número decimal del segundo octeto de la dirección IP LAN (47.**1**.1.254) del sitio Distribuidora 20, su dirección IP WAN correspondería a la del nodo central (172.16.1.**1**), lo cual crearía un conflicto de direcciones IP en la red WAN, ya que éstas serían las mismas. Se toma la dirección 172.16.1.7 para este sitio, por estar libre dentro de las direcciones IP WAN de la red propuesta.

En la tabla 4.6 se enlista el plan de marcación y el direccionamiento IP LAN y WAN bajo la plataforma de tecnología IP MPLS, de todos los sitios de la red.

Sitio / Nodo	Dirección IP WAN	Dirección IP LAN	Plan de marcación
"Los Reyes"	**172.16.1.1**	**192.168.100.20**	**51YY / 52YY**
Bodega Edo. de Méx. 2	172.16.1.98	47.98.1.254	4598 / 4698
Distribuidora Méx. 2	172.16.1.99	47.99.1.254	4599 / 4699 / 4799 / 4899
Grupo San Luis	172.16.1.18	47.18.1.254	4518 / 4618
Grupo Sonora	172.16.1.17	47.17.1.254	4517 / 4617
Grupo Norte	172.16.1.27	47.27.1.254	4527 / 4627
Grupo Noroeste	172.16.1.20	47.20.1.254	4520 / 4620
Grupo Sureste	172.16.1.33	47.33.1.254	4533 / 4633
Distribuidora 2	172.16.1.4	47.4.1.254	4504 / 4604
Distribuidora 3	172.16.1.96	47.96.1.254	4596 / 4696
Distribuidora 4	172.16.1.36	47.36.1.254	4536 / 4636
Distribuidora 6	172.16.1.28	47.28.1.254	4528 / 4628
Distribuidora 7	172.16.1.29	47.29.1.254	4529 / 4629
Distribuidora 8	172.16.1.3	47.3.1.254	4503 / 4603
Distribuidora 9	172.16.1.30	47.30.1.254	4530 / 4630

Tabla 4.6. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP LAN y WAN de cada sitio.

(Continúa)

Sitio / Nodo	Dirección IP WAN	Dirección IP LAN	Plan de marcación
Distribuidora 10	172.16.1.35	47.35.1.254	4535 / 4635
Distribuidora 12	172.16.1.9	47.9.1.254	4509 / 4609
Distribuidora 13	172.16.1.15	47.15.1.254	4515 / 4615
Distribuidora 14	172.16.1.23	47.23.1.254	4523 / 4623
Distribuidora 15	172.16.1.37	47.37.1.254	4537 / 4637
Distribuidora 18	172.16.1.32	47.32.1.254	4532 / 4632
Distribuidora 19	172.16.1.38	47.38.1.254	4538 / 4638
Distribuidora 20	172.16.1.7	47.1.1.254	4501 / 4601
Distribuidora 23	172.16.1.44	47.44.1.254	4544 / 4644 / 4744 /4844
Distribuidora 25	172.16.1.14	47.14.1.254	4514 /4614
Bodega Edo. de Méx. 1	172.16.1.16	47.16.1.254	4516 /4616
Distribuidora Méx. 1	172.16.1.22	47.22.1.254	4522 / 4622
Distribuidora Edo. de Méx. 1	172.16.1.81	47.81.1.254	4581 / 4681
Distribuidora Edo. de Méx. 2	172.16.1.80	47.80.1.254	4580 / 4680
Grupo D.F.	172.16.1.26	47.26.1.254	4526 /4626
Grupo Guerrero	172.16.1.34	47.34.1.254	4534 / 4634
Distribuidora 1	172.16.1.25	47.25.1.254	4525 / 4625
Distribuidora 5	172.16.1.5	47.5.1.254	4505 / 4605
Distribuidora 11	172.16.1.31	47.31.1.254	4531 / 4631
Distribuidora 16	172.16.1.13	47.13.1.254	4513 / 4613
Distribuidora 17	172.16.1.24	47.24.1.254	4524 / 4624
Distribuidora 21	172.16.1.2	47.2.1.254	4502 / 4602
Distribuidora 22	172.16.1.8	47.8.1.254	4508 / 4608
Distribuidora 24	172.16.1.95	47.95.1.254	4595 / 4695 / 4795 /4895

Tabla 4.6. Plan de marcación de voz y direccionamiento IP LAN y WAN de cada sitio.

4.5. Diagrama de red IP MPLS

La figura 4.1 muestra de forma representativa el diagrama de la red de comunicaciones propuesta bajo la plataforma IP MPLS. Se presentan los sitios remotos, según sus requerimientos de voz y los anchos de banda de los enlaces locales de los sitios remotos y del nodo central, según se han calculado y propuesto y se puede observar la topología en malla de la red. En la siguiente página se presenta la figura 4.1

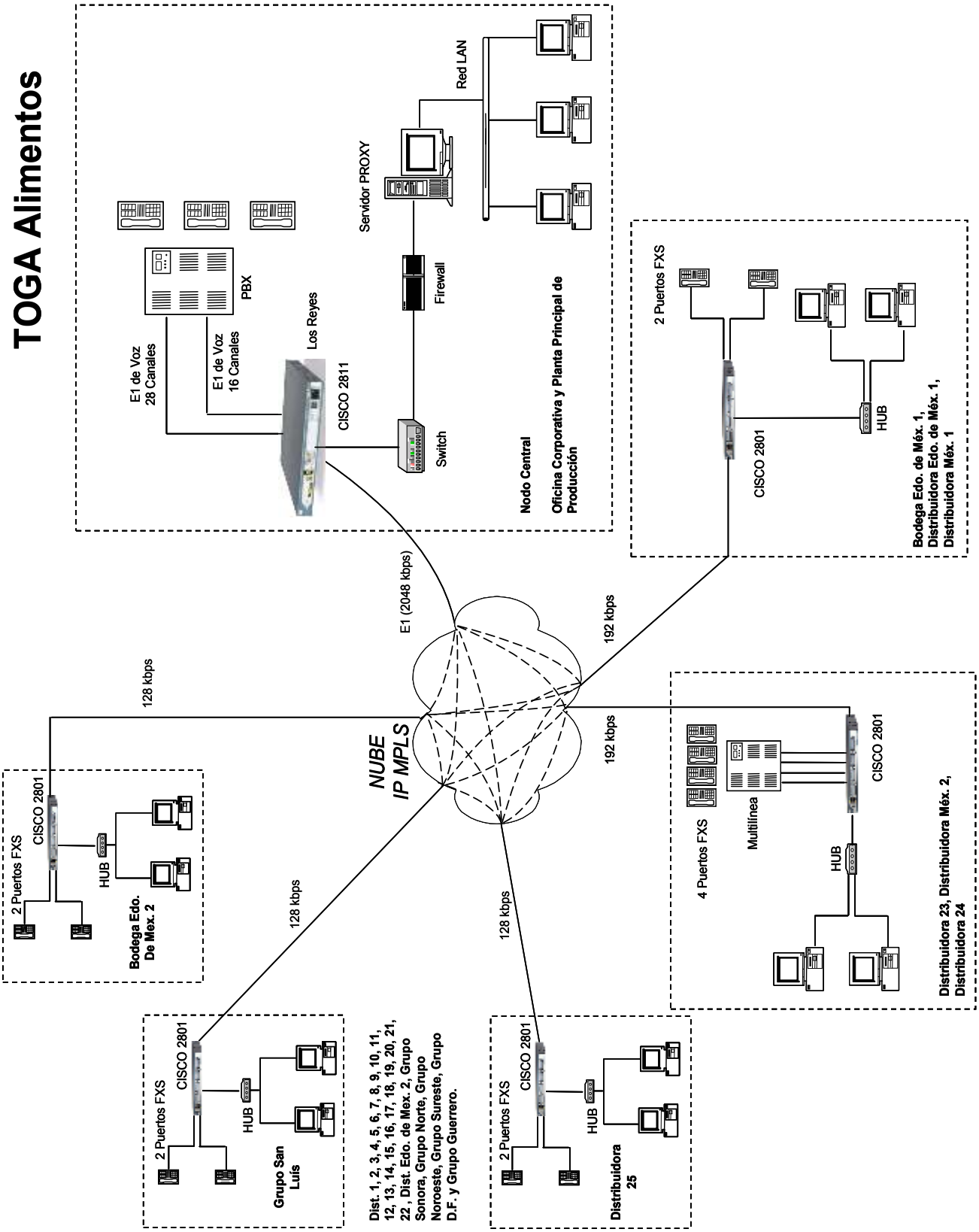


Figura 4.1. Diagrama de conectividad de la red de comunicaciones en IP MPLS.

4.6. Diagrama de red IP MPLS

En la figura 4.2 se muestra el diagrama de conectividad del nodo central y 2 sitios remotos con la configuración típica de 2 y 4 canales de voz, el plan de marcación de voz, el direccionamiento IP LAN, el direccionamiento IP WAN y los anchos de banda de los enlaces locales propuestos. En esta figura, se muestran los nodos de Distribuidora 23, Guasave y Distribuidora 5, Nuevo Laredo, los cuales son sitios remotos típicos de la red. En el diagrama se puede observar y obtener la información completa por sitio o nodo.

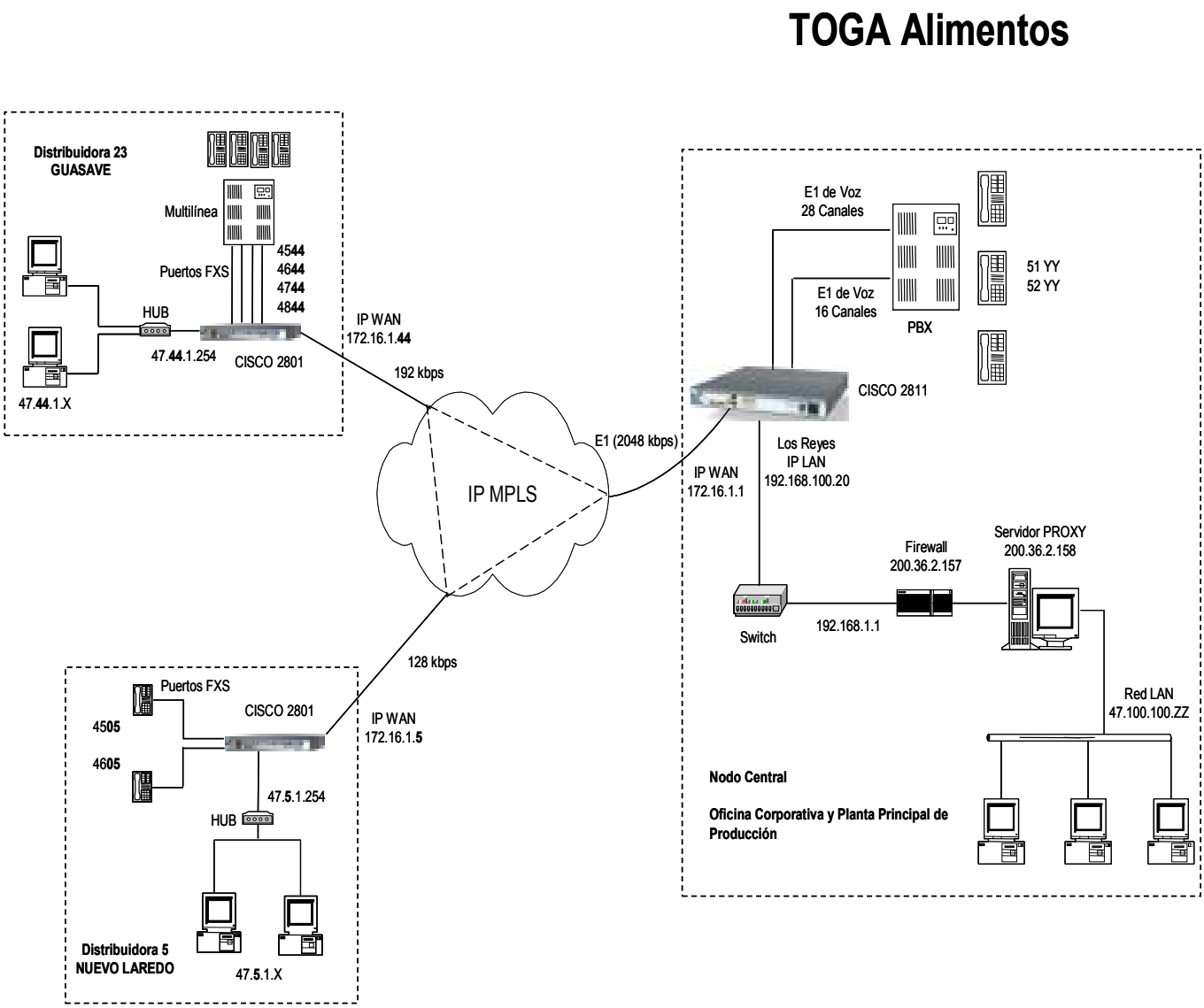


Figura 4.2. Diagrama de conectividad típico de nodos de la red bajo plataforma IP MPLS.

4.7. Costo de la red

Tomando en consideración el diseño propuesto para la red de comunicaciones de TOGA Alimentos bajo una plataforma IP MPLS, el costo de la misma se basa en cuatro rubros, los cuales son:

- El costo de la renta mensual de los enlaces locales propuestos por cada sitio, los cuales provee el *Carrier*.

- El costo de la renta mensual del servicio de red IP MPLS por sitio, que provee el *Carrier*. Este costo se conoce como *"renta del puerto"*.

- El costo de la renta mensual por el ruteo del plan de marcación de voz que opera el *Carrier*.

- La adquisición de los equipos *routers* propuestos, según la configuración de las aplicaciones de voz y de datos que se han definido.

La renta mensual de los enlaces locales lo determinan el costo del acceso local y el tramo de larga distancia, el cual aplicará según la cobertura de red o infraestructura que tenga el propio Carrier para poder prestar el servicio.

El costo del tramo de larga distancia se calcula en función de la distancia que existe entre el sitio de la red de TOGA Alimentos y el punto de presencia más cercano del prestador de servicios, el cual es la central local más cercana del Carrier al sitio de la red. La siguiente ecuación muestra como se calcula el costo por cada enlace local:

Renta mensual = Renta Fija del acceso local del enlace según el ancho de banda + (Renta del Tramo de Larga Distancia * Distancia en kilómetros entre el sitio remoto y el punto de presencia más cercano del *Carrier*)

El costo de la renta mensual del servicio de red IP MPLS se calcula en función del ancho de banda y el tipo de aplicaciones o información que se transmita y se reciba. En este caso el servicio de IP MPLS que requiere la red de comunicaciones de TOGA Alimentos, debe cubrir

el envío y recepción de voz y de datos por aplicación de software *SAP* y de navegación por Internet. Por lo que el costo total de la renta mensual de la red, sin considerar el costo por la adquisición de los equipos routers, es:

- Renta mensual total = Renta del acceso local del enlace + Renta del Tramo de Larga Distancia + Renta del Servicio IP MPLS + Renta mensual por el ruteo del plan de marcación de voz.

Adicionalmente, como se mencionó anteriormente, se tiene el costo de los equipos *routers* marca CISCO, los cuales se adquirirán en compra directa.

4.8. Propuestas económicas de proveedores de servicios

Se tienen 3 propuestas económicas de *Carriers* o proveedores de servicio que cubren los requerimientos técnicos de diseño presentados en los puntos anteriores de este capítulo. Las propuestas presentan el costo de la renta mensual de la red bajo una plataforma IP MPLS, así como el costo de adquisición de los equipos *routers* que se requieren.

***Carrier 1*:** Propuesta del costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS, tabla 4.7.

Sitio / Nodo	Ancho de banda (kbps)	Acceso		Puerto IP MPLS, voz y datos	Renta total mensual
		Renta mensual	Renta tramo de larga distancia		
Oficinas Corporativas y Planta Principal de Producción	2048	$ 5,321.00	$ 0.00	$13,377.56	$ 18,698.56
Distribuidora 23	192	$ 2,042.00	$6,707.00	$ 1,771.02	$ 10,520.02
Bodega Edo. de Méx. 2	128	$ 1,725.00	$1,243.00	$ 1,192.61	$ 4,160.61
Distribuidora 8	128	$ 1,725.00	$1,459.00	$ 1,192.61	$ 4,376.61

Tabla 4.7. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 1*. (Continúa)

Sitio / Nodo	Ancho de banda (kbps)	Acceso		Puerto IP MPLS, voz y datos	Renta total mensual
		Renta mensual	Renta tramo de larga distancia		
Bodega Edo. de Méx. 1; Distribuidora Méx. 1; Distribuidora Méx. 2; Distribuidora Edo. de Méx. 1; Distribuidora 24	192	$10,210.00	$ 0.00	$ 8,855.11	$ 19,065.11
Distribuidora 13	128	$ 1,725.00	$1,387.00	$ 1,192.61	$ 4,304.61
Distribuidora 15	128	$ 1,725.00	$3,883.00	$ 1,192.61	$ 6,800.61
Distribuidora 16	128	$ 1,725.00	$4,319.00	$ 1,192.61	$ 7,236.61
Distribuidora 22	128	$ 1,725.00	$2,491.00	$ 1,192.61	$ 5,408.61
Distribuidora o Grupo (26 en Total)	128	$44,850.00	$ 0.00	$31,007.90	$ 75,857.90
		RENTA TOTAL MENSUAL			**$ 156,429.27**

Tabla 4.7. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 1*.

En el caso del *Carrier 1*, éste presenta un costo de cero pesos por el ruteo del plan de marcación de voz, ya que proporciona el ruteo de forma gratuita como un valor agregado para ser elegido ganador.

***Carrier 1*:** Propuesta del costo de adquisición con mantenimiento incluido por 3 años de los equipos *routers* CISCO modelo 2800, la cual se muestra en la tabla 4.8, de acuerdo a los tipos de nodos definidos anteriormente.

En la siguiente página se presenta la tabla 4.8.

Tipo	Modelo *router* CISCO	Cantidad	Ancho de banda (kbps)	Requerimiento para interfaces de voz y WAN	Costo unitario (usd)	Costo total (usd)
1	2801	32	128	2 FXS / V.35	$ 3,326.00	$ 106,432.00
2	2801	3	192	2 FXS / V.35	$ 3,326.00	$ 9,978.00
3	2801	3	192	4 FXS / V.35	$ 3,686.92	$ 11,060.76
4	2811	1	2048	2 E1 de Voz / 1 E1 WAN	$11,055.24	$ 11,055.24
			COSTO TOTAL (usd)			**$ 138,526.00**

Tabla 4.8. Costo de los equipos *routers* CISCO modelo 2800. *Carrier 1*.

Carrier 2: Propuesta del costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS, tabla 4.9.

Sitio / Nodo	Ancho de banda (kbps)	Acceso		Puerto IP MPLS, voz y datos	Renta total mensual
		Renta mensual	Renta tramo de larga distancia		
Oficinas Corporativas y Planta Principal de Producción	2048	$ 5,321.00	$ 0.00	$17,799.11	$ 23,120.11
Bodega Edo. de Méx. 1; Distribuidora Méx. 1; Distribuidora Méx. 2; Distribuidora Edo. de Méx. 1; Distribuidora 24	192	$10,210.00	$ 0.00	$11,819.50	$ 22,029.50
Distribuidora 23	192	$ 2,042.00	$6,707.00	$ 2,363.90	$ 11,112.90
Bodega Edo. de Méx. 2	128	$ 1,725.00	$1,243.00	$ 1,591.98	$ 4,559.98
Distribuidora 8	128	$ 1,725.00	$1,459.00	$ 1,591.98	$ 4,775.98
Distribuidora 13	128	$ 1,725.00	$1,387.00	$ 1,591.98	$ 4,703.98
Distribuidora 15	128	$ 1,725.00	$4,324.50	$ 1,591.98	$ 7,641.48
Distribuidora 16	128	$ 1,725.00	$4,319.00	$ 1,591.98	$ 7,635.98
Distribuidora 22	128	$ 1,725.00	$2,491.00	$ 1,591.98	$ 5,807.98
Distribuidora o Grupo (26 en Total)	128	$44,850.00	$ 0.00	$41,391.48	$ 86,241.48
		RENTA TOTAL MENSUAL			**$ 177,629.37**

Tabla 4.9. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 2*.

***Carrier 2*:** Propuesta del costo de adquisición con mantenimiento incluido por 3 años de los equipos *routers* CISCO modelo 2800, la cual se muestra en la tabla 4.10.

Tipo	Modelo *router* CISCO	Cantidad	Ancho de banda (kbps)	Requerimiento para interfaces de voz y WAN	Costo unitario (usd)	Costo total (usd)
1	2801	32	128	2 FXS / V.35	$ 3,725.12	$ 119,203.84
2	2801	3	192	2 FXS / V.35	$ 3,725.12	$ 11,175.36
3	2801	3	192	4 FXS / V.35	$ 4,129.35	$ 12,388.05
4	2811	1	2048	2 E1 de Voz / 1 E1 WAN	$12,160.76	$ 12,160.76
			COSTO TOTAL (usd)			**$ 154,928.02**

Tabla 4.10. Costo de los equipos *routers* CISCO modelo 2800. *Carrier 2*.

De igual forma que para el caso del *Carrier* 1, el *Carrier 2* presenta también un costo de cero pesos por el ruteo del plan de marcación de voz.

Carrier 3: Propuesta del costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS, tabla 4.11.

Sitio / Nodo	Ancho de banda (kbps)	Acceso		Puerto IP MPLS, voz y datos	Renta total mensual
		Renta mensual	Renta tramo de larga distancia		
Oficinas Corporativas y Planta Principal de Producción	2048	$ 5,321.00	$ 0.00	$13,377.56	$ 18,698.56
Bodega Edo. de Méx. 1; Distribuidora Méx. 1; Distribuidora Méx. 2; Distribuidora Edo. de Méx. 1; Distribuidora 24	192	$10,210.00	$ 0.00	$ 8,855.11	$ 19,065.11
Distribuidora 23	192	$ 2,042.00	$6,371.65	$ 1,771.02	$ 10,184.67

Tabla 4.11. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 3*. (Continúa)

Sitio / Nodo	Ancho de banda (kbps)	Acceso		Puerto IP MPLS, voz y datos	Renta total mensual
		Renta mensual	Renta tramo de larga distancia		
Bodega Edo. de Méx. 2	128	$ 1,725.00	$1,243.00	$ 1,192.61	$ 4,160.61
Distribuidora 8	128	$ 1,725.00	$1,459.00	$ 1,192.61	$ 4,376.61
Distribuidora 13	128	$ 1,725.00	$1,387.00	$ 1,192.61	$ 4,304.61
Distribuidora 15	128	$ 1,725.00	$2,883.00	$ 1,192.61	$ 5,800.61
Distribuidora 16	128	$ 1,725.00	$4,319.00	$ 1,192.61	$ 7,236.61
Distribuidora 22	128	$ 1,725.00	$2,491.00	$ 1,192.61	$ 5,408.61
Distribuidora o Grupo (26 en Total)	128	$44,850.00	$ 0.00	$31,007.90	$ 75,857.90
		RENTA TOTAL MENSUAL			**$ 155,093.92**

Tabla 4.11. Costo de la renta mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS. *Carrier 3*.

El *Carrier 3* presenta también un costo de cero pesos por el ruteo del plan de marcación de voz.

***Carrier 3*:** Propuesta del costo de adquisición con mantenimiento incluido por 3 años de los equipos *routers* CISCO modelo 2800, el cual se muestra en la tabla 4.12, de acuerdo a los tipos de nodos definidos anteriormente.

Tipo	Modelo *router* CISCO	Cantidad	Ancho de banda (kbps)	Requerimiento para interfaces de voz y WAN	Costo unitario (usd)	Costo total (usd)
1	2801	32	128	2 FXS / V.35	$ 3,159.70	$ 101,110.40
2	2801	3	192	2 FXS / V.35	$ 3,159.70	$ 9,479.10
3	2801	3	192	4 FXS / V.35	$ 3,686.92	$ 11,060.76
4	2811	1	2048	2 E1 de Voz / 1 E1 WAN	$ 9,949.72	$ 9,949.72
			COSTO TOTAL (usd)			**$ 131,599.98**

Tabla 4.12. Costo de los equipos *routers* CISCO modelo 2800. *Carrier 3*.

En la siguiente página se presenta la tabla 4.13, la cual presenta un resumen y comparativo de las propuestas económicas presentadas por cada *Carrier*.

Propuesta	*Carrier 1*	*Carrier 2*	*Carrier 3*
Renta Mensual de los enlaces locales y puerto IP MPLS	$ 156,429.27 M.N.	$ 177,629.37 M.N.	$ 155,093.92 M.N.
Costo de adquisición de los equipos *routers* CISCO modelo 2800	$ 138,526.00 usd.	$ 154,928.02 usd.	$ 131,599.98 usd.

Tabla 4.13. Cuadro comparativo de las propuestas económicas por *Carrier*.

De la información económica proporcionada por los 3 *Carriers*, se observa que el *Carrier* 3 presenta el menor costo, tanto en la renta mensual de los enlaces locales y puertos IP MPLS de cada sitio o nodo como en el costo de adquisición de los equipos *routers* requeridos a instalarse en la red.

4.9. Información general de los *Carriers*

A continuación se presenta un listado de la información general de cada proveedor de servicios, con la que se puede realizar una evaluación del *Carrier* en cuanto a cobertura de ciudades con servicio IP MPLS, niveles de servicio y atención, entrega de enlaces, tiempos de respuesta para soporte de fallas, certificación de equipos, etc.

Esta información, adicional a la obtenida en las propuestas económicas, será utilizada para decidir cuál de los proveedores de servicios será elegido para implementar la red de comunicaciones de TOGA Alimentos bajo la plataforma de tecnología IP MPLS. En la tabla 4.14 se presenta esta información.

Características en IP MPLS	Carrier 1	Carrier 2	Carrier 3
Calidad de Servicio (QoS)	Sí	No	Sí
Clases de servicio soportadas en IP MPLS	4	4	3
Seguridad	Sí	Sí	Sí

Tabla 4.14. Cuadro de características en IP MPLS de los *Carriers*. (Continúa)

Características en IP MPLS	Carrier 1	Carrier 2	Carrier 3
Capacidades de anchos de banda para los enlaces	64 kbps hasta un 34 Mbps completo y bajo demanda	64 a 2048 Mbps	64 a 2048 Mbps
Disponibilidad de operación de los enlaces por mes	99.98%	99.80%	99.00%
Tiempo de entrega de enlaces locales	8 a 10 semanas	6 a 8 semanas	4 a 6 semanas
Redundancia de enlaces locales o dedicados	Sí	Sí	Sí
Cobertura	59 ciudades	50 ciudades	44 ciudades
Porcentaje de pérdida de paquetes en la transmisión de datos	< 0.1%	< 1 %	< 0.1%
Latencia	< 45 ms	Información no disponible	Información no disponible
Capacidad y experiencia para migración tecnología de FR a IP MPLS	Sí	Sí	Sí
Monitoreo del desempeño de la red	Sí	Sí	Sí
Mantenimiento y soporte de equipo *router*	Opcional	Opcional	Opcional
Disponibilidad del soporte y servicio al Cliente en días por horas	7 x 24	7 x 24	7 x24
Periodos de contratación	12 a 36 meses	12 a 36 meses	12 a 36 meses
Capacidad de hacer balanceo de tráfico	Sí	Sí	Sí
Manejo de diferentes tecnologías o marcas de equipos routers	Cisco / Huawei	Cisco	Cisco
Periodos de mantenimiento preventivo	1 al año	1 al año	1 al año
Administración de forma remota la red	Sí	Sí	Sí
Certificación en la marca de equipos CISCO	Sí	Sí	Sí
Ruteo de plan de marcación de voz	Opcional	Opcional	Opcional
Cobro de tramos de Larga Distancia	Sí	Sí	Sí
Penalizaciones por cancelación anticipada	Sí	Sí	Sí

Tabla 4.14. Cuadro de características en IP MPLS de los *Carriers*.

4.10. Elección del *Carrier*

Con la información obtenida de cada *Carrier*, en cuanto a los costos totales de la renta mensual e inversión inicial que ha de realizarse para implementar la red de TOGA Alimentos

bajo la plataforma IP MPLS, se puede realizar la evaluación de cuál *Carrier* es el más apropiado para llevar a cabo la migración y operación de la "*Nube IP MPLS*". Se consideran dos aspectos fundamentales para la evaluación y toma de decisión del proyecto:

- Costos totales e inversión inicial
- Requerimientos de diseño

En cuanto al primer punto, el *Carrier* 3 presenta el menor costo total de renta mensual de los enlaces locales y puertos IP MPLS, así como de la inversión inicial para la compra de los equipos *routers* de la red.

Respecto a los requerimientos de diseño, cualquiera de los 3 *Carriers* cumple con los requerimientos más relevantes de diseño, los cuales son:

- Soporte de QoS en IP MPLS.
- Clases de servicio para voz, datos críticos (aplicación *SAP*) y datos "*best* effort" (navegación en Internet) en IP MPLS.
- Cobertura de ciudades.
- Capacidades de ancho de banda de los enlaces requeridos (128 kbps, 192 kbps y 2,048 kbps).
- Certificación en la marca de equipos CISCO.
- Disponibilidad de operación de los enlaces > 90% en un periodo mensual.

Tomando en consideración los puntos mencionados anteriormente, se recomienda que el *Carrier* 3 sea el prestador de servicios elegido para migrar e implementar la red IP MPLS de TOGA Alimentos, ya que adicionalmente a presentar los costos más bajos y cumplir con los requerimientos de diseño más relevantes, puede instalar y entregar los enlaces locales en un tiempo menor que cualquiera de los otros dos Carriers (de 4 a 6 semanas máximo).

Solamente hay que considerar que este *Carrier* sólo puede proporcionar 3 clases de servicio en IP MPLS, por lo que si en un futuro se requieren agregar aplicaciones y servicios de video en la red, no será posible que el *Carrier* 3 proporcione este servicio.

Con la definición del diseño de solución de red presentado en este capítulo, podemos ahora realizar el plan de implementación, realizando la migración de la red privada actual en *Frame Relay* hacia la red IP MPLS propuesta para la compañía TOGA Alimentos.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IP MPLS

En este capítulo se presenta el plan de implementación para la migración de la red de comunicaciones de TOGA Alimentos, bajo la plataforma de transporte en *Frame Relay* actual hacia una red con tecnología IP MPLS. Se exponen los distintos escenarios posibles de migración de redes en *Frame Relay* hacia IP MPLS, identificando y detallando el escenario en que se encuentra particularmente la red de TOGA Alimentos.

La principal premisa en la migración de una red de comunicaciones con un tipo de tecnología a otra, es la no afectación total o la afectación mínima de los servicios de voz y de datos.

La migración de la red de comunicaciones de TOGA Alimentos hacia una nueva tecnología implica diversas consideraciones técnicas, algunas de ellas como el de conservar la configuración del direccionamiento IP LAN y el plan de marcación de voz de la red actual, entre otras, para no afectar la operación de la red. Esto evita entre otras actividades, las reconfiguraciones de los parámetros en los equipos de voz y de datos con los que se cuentan en la red, tanto en los sitios remotos como en el nodo central.

5.1. Escenarios de migración de redes en *Frame Relay* a IP MPLS

Al hablar de migración de redes en *Frame Relay* hacia IP MPLS se pueden identificar 3 escenarios diferentes, los cuales son:

Escenario 1: Migración *Frame Relay* datos a IP MPLS datos

Red Actual: *Frame Relay* sólo datos.
Red Nueva: IP MPLS sólo datos.

Características: Poco probable, ya que la mayoría de las redes migran a IP MPLS para integrar voz a su red de datos. La complejidad de la migración *Frame Relay* datos a IP MPLS datos radica solamente en definir si se pueden o no reutilizar los enlaces actuales en *Frame Relay* para emplearlos como enlaces hacia la red IP MPLS, siempre y cuando el proveedor de servicios en *Frame Relay* sea el mismo que en IP MPLS, si no es así, se tienen que considerar nuevos enlaces para los sitios hacia la red IP MPLS.

Escenario 2: Migración Frame Relay datos a IP MPLS voz y datos

Red Actual: *Frame Relay* sólo datos
Red Nueva: IP MPLS voz y datos

Características: Muy probable, sobretodo para redes que tienen un escenario típico en donde actualmente la aplicación de voz se realiza a través del uso de la telefonía tradicional (*PSTN*) y se desea migrar a un escenario de integración de voz y de datos. Muy parecido en complejidad técnica al escenario anterior, ya que sólo los datos deberán ser migrados, ya que la voz será un servicio nuevo.

Se pueden emplear los mismos enlaces que tiene en la red de *Frame Relay*, siempre y cuando el proveedor de servicios en *Frame Relay* sea el mismo que en IP MPLS, si no es así, se tienen que considerar nuevos enlaces para los sitios hacia IP MPLS.

Escenario 3: Migración *Frame Relay* voz y datos a IP MPLS voz y datos

Red Actual: *Frame Relay* voz y datos
Red Nueva: IP MPLS voz y datos

Características: Existen varios casos de redes en *Frame Relay* en donde se ha implementado la voz con éxito y se desea migrar a una red IP MPLS los servicios de voz y de datos. Muy complejo técnicamente, se requiere realizar configuraciones en el *PBX* para que realice funciones de conmutación como las de una central telefónica convencional, entre la voz de los sitios en Frame Relay (G.729 A) y la voz en *IP* (*SIP*) para los sitios que se van migrando en IP MPLS durante la etapa de implementación. Se pueden emplear los mismos enlaces que tiene la red de *Frame Relay* actual, siempre y cuando el proveedor de servicios en *Frame Relay* sea el mismo que en IP MPLS, si no es así, se tienen que considerar nuevos enlaces para los sitios hacia IP MPLS. Se requiere de logística para no afectar en tiempo los servicios de la red.

La migración de la red de *Frame Relay* de TOGA Alimentos cumple con el escenario 3 descrito anteriormente, por lo que para realizar la implementación hacia la red IP MPLS propuesta, se deben considerar las siguientes características técnicas e información importante de la red actual:

- La red cuenta actualmente con dos enlaces E1 privados punto multipunto en el nodo central y en los sitios remotos cuenta con enlaces dedicados de 64 kbps, 128 kbps y 192 kbps.

- Se conoce la topología de la red actual, la cual es estrella.

- Se cuenta con la lista de los sitios, con su ubicación, ancho de banda, plan de marcación de voz, direccionamiento IP LAN, así como características técnicas de voz y de datos de los equipos FRADS instalados en los sitios remotos y de los Switches en *Frame Relay* en el nodo central.

- Se debe conservar el plan de marcación de voz y del direccionamiento IP LAN que se tiene configurado en la red actualmente.

- Se tiene una administración del plan de marcación de voz y del direccionamiento IP LAN en la red ya definido, por lo que se propone un direccionamiento IP WAN acorde a la administración de los recursos de voz y de datos.

- La red actualmente cursa tráfico de voz en Frame Relay (VoFR).

- En la red se emplea el protocolo IP para el direccionamiento y la transmisión de datos.

- El protocolo de ruteo empleado para la transmisión de información con protocolo IP es *estático*, es decir, se alcanza al sitio remoto a través de la ruta más cercana al mismo. Por ejemplo, para enviar o recibir información desde cualquier sitio remoto hacia el nodo central y viceversa, ésta se envía directamente “en un paso”, y para enviar información entre sitios remotos se emplean “dos pasos”, ya que para enviar información de un sitio a otro, se envía primero la misma al nodo central y luego ésta se reenvía del nodo central al sitio remoto que se quiere alcanzar. Esto se debe a la topología estrella de la red.

- Se instalarán y activarán los equipos *routers* nuevos en la red IP MPLS, los cuáles tendrán como función integrar la voz y los datos en el mismo equipo.

- Se cuenta con un *PROXY* y *FIREWALL*, es decir equipos de seguridad en la red LAN.

- El PBX realiza funciones de conmutación como las de una central telefónica convencional, para enlazar la voz de los sitios en Frame Relay (G.729 A) con la voz en *IP* (*SIP*) de los sitios que se van migrando en IP MPLS.

5.2. Estrategia general de migración

En este tipo de escenarios, la principal preocupación es garantizar la continuidad de los servicios de voz y de datos de la red durante la migración. En este caso se migrarán gradualmente los sitios remotos durante varios días y no todos en una sola noche o día. Se propone que se migren 3 sitios por día, por lo que a partir de que se instalen los enlaces locales en cada sitio remoto y nodo central, la implementación de llevará 13 días naturales o bien hábiles.

Teniendo en consideración esta premisa, la estrategia general recomendada para este escenario de migración es la siguiente:

- Activar el nodo central en IP MPLS.
- Realizar la interconexión entre ambas redes (*Frame Relay* e IP MPLS) a nivel IP en el nodo central.
- Realizar la configuración del PBX del nodo central para que opere con funciones de conmutación como las de una central telefónica convencional.
- Migración de un sitio remoto como “sitio piloto” con las aplicaciones de voz y datos en IP MPLS.
- Migrar los demás sitios remotos de la red actual a la nueva red (voz y datos).
- Liberar el nodo central de la interconexión entre las dos redes y dejarlo operando en la red IP MPLS.

5.3. Procedimiento técnico de migración

A continuación se detallan algunos aspectos técnicos en cada paso de la metodología de migración recomendada para este tipo de escenario. Este detalle corresponde a la estrategia general de migración.

- Activar el nodo central en IP MPLS.

El nodo central debe ser el primer sitio activado en la nueva red IP MPLS para poder seguir con el resto de la migración. Esto es debido a que la red actual tiene una administración centralizada con el nodo central, por lo que se elige al mismo como el sitio de interconexión de la red actual en *Frame Relay* y la nueva red IP MPLS.

El tiempo de activación del nodo central es de un día, considerando que ya se tiene instalado el enlace local de un E1 en el nodo. Previamente el enlace local debe ser probado durante 24 horas para detectar posibles errores en el medio de transmisión. Esta prueba se conoce como "prueba de BERT" o prueba de "tasa de errores de bits" del medio de transmisión.

- Realizar la interconexión entre ambas redes (*Frame Relay* e IP MPLS) a nivel IP.

  El protocolo de enrutamiento elegido es *estático*, ya que permite interconectar a las dos redes durante la migración de manera sencilla, considerando que un sitio remoto alcanzará al nodo central en dos pasos, es decir, un paso hacia el Switch en *Frame Relay* y otro paso hacia el *router* en IP MPLS. Para alcanzar a un sitio remoto de una red a otra desde otro sitio remoto, se alcanzará al mismo en tres pasos, ya que pasará primero al Switch en Frame Relay (un paso) y luego al router en IP MPLS (segundo paso) o viceversa, para finalmente alcanzar en un tercer paso al sitio remoto destino deseado. El tiempo de interconexión para ambas redes en el nodo central es de un día.

- Realizar la configuración del PBX del nodo central para que opere con funciones de conmutación como las de una central telefónica convencional.

  Para lograr una migración gradual de la red de voz sobre *Frame Relay* a voz sobre IP MPLS, se requiere considerar un elemento (dispositivo) que pueda tener conexión con ambas redes. El PBX es el elemento que de manera natural tendrá conexión con ambas redes en voz, por lo que el PBX podrá fungir como elemento de interconexión entre una red de voz *Frame Relay* y una red de voz en IP MPLS.

Para lograr lo anterior se requiere que el PBX del sitio central cuente con capacidades de funcionar como “una central convencional de telefonía”, para ser un elemento de interconexión y realizar la conmutación de las llamadas de voz entre sitios. A esta funcionalidad se le conoce como “Tandem”. También se requiere que el PBX tenga la capacidad de recibir un tercer enlace E1 de voz que se necesita para conectar el equipo router CISCO 2811 del nodo central ya que este enlace interconectará físicamente las dos redes en voz al comienzo de la implementación. El tiempo de interconexión para ambas redes en el nodo central es de un día.

- Migración de un sitio remoto como “sitio piloto” con las aplicaciones de voz y datos en IP MPLS.

  Una vez configurado el nodo central con capacidades de Tandem en el PBX y de conexión de ruteo entre el Switch en *Frame Relay* y el *router* en IP MPLS; se deberá realizar la prueba de interconexión de servicios de voz y de datos con un sitio piloto. Se deberán realizar pruebas de interconexión de datos y de voz hacia diferentes sitios de la red actual en *Frame Relay* para validar el correcto funcionamiento entre sitios. El sitio remoto elegido como “sitio piloto” es la Distribuidora 5 de Nuevo Laredo. El tiempo definido para la migración del sitio piloto es de un día.

- Migrar los demás sitios remotos de la red actual a la nueva red (voz y datos).

  Una vez finalizada la prueba piloto de manera exitosa, se deberá proceder a calendarizar la migración de cada uno de los sitios remotos restantes. En este caso el tiempo de implementación es de 13 días ya que se instalarán 3 sitios remotos por día.

  Previamente los enlaces locales de cada sitio remoto deben ser probados durante 24 horas para detectar posibles errores en el medio de transmisión. El orden que se seguirá para la migración es el siguiente:

  - Se migrarán primero los 14 sitios remotos que están conectados al Switch Vanguard 6560, denominado con el nombre de “Los Reyes 19”, para así liberar

este primer Switch en *Frame Relay* y un enlace E1 de voz del PBX, el cual se utilizará para conectar el segundo E1 de voz del *router* 2811 hacia el PBX. El tiempo requerido para esta actividad es de 5 días, ya que se migran 3 sitios por día.

- Posteriormente se migrarán los 24 sitios remotos restantes que están conectados al Switch Vanguard 6560, denominado con el nombre de "Los Reyes 18", para así liberar al segundo Switch en *Frame Relay* y dejar así al PBX totalmente conectado con el *router* 2811 en el nodo central. El tiempo requerido para esta actividad es de 8 días, ya que se migran 3 sitios por día.

En el proceso de migración de los sitios remotos con los sitios migrados y no migrados, se deberá seguir teniendo interconexión de voz y de datos en todo momento.

- Liberar el nodo central de la interconexión entre las dos redes y dejarlo operando en la red IP MPLS.

Una vez migrada toda la red hacia IP MPLS, se deberá liberar (cancelar) la conexión del sitio central hacia la red de *Frame Relay*, para dejar así operando todos los *routers* 2801 de los sitios remotos y el *router* 2811 del nodo central. Con relación al PBX, éste quedará operando sólo con 2 enlaces E1 de voz hacia el *router* 2811. El tiempo definido para esta actividad es de un día.

5.4. Diagrama de conexión del sitio piloto

En este apartado presentamos la conexión del sitio remoto Distribuidora 5 Nuevo Laredo como "sitio piloto", con las aplicaciones de voz y datos en interconexión con las redes de *Frame Relay* e IP MPLS. Se ha elegido a este sitio como el "sitio piloto" para comenzar la migración, esto es debido a que si presentaran problemas en las pruebas de puesta a punto al momento de la implementación, se considera que no es de gran riesgo el que ocurra alguna suspensión de los servicios de voz y de datos en este sitio de forma temporal.

En la figura 5.1 se muestra el diagrama de migración de la red en *Frame Relay* hacia la nueva red bajo la plataforma IP MPLS. Se puede observar el plan de marcación de voz, el direccionamiento IP LAN y WAN de cada elemento y equipo durante la etapa de migración de la red en los sitios remotos y nodo central que se presentan. En la siguiente página se presenta la figura 5.1.

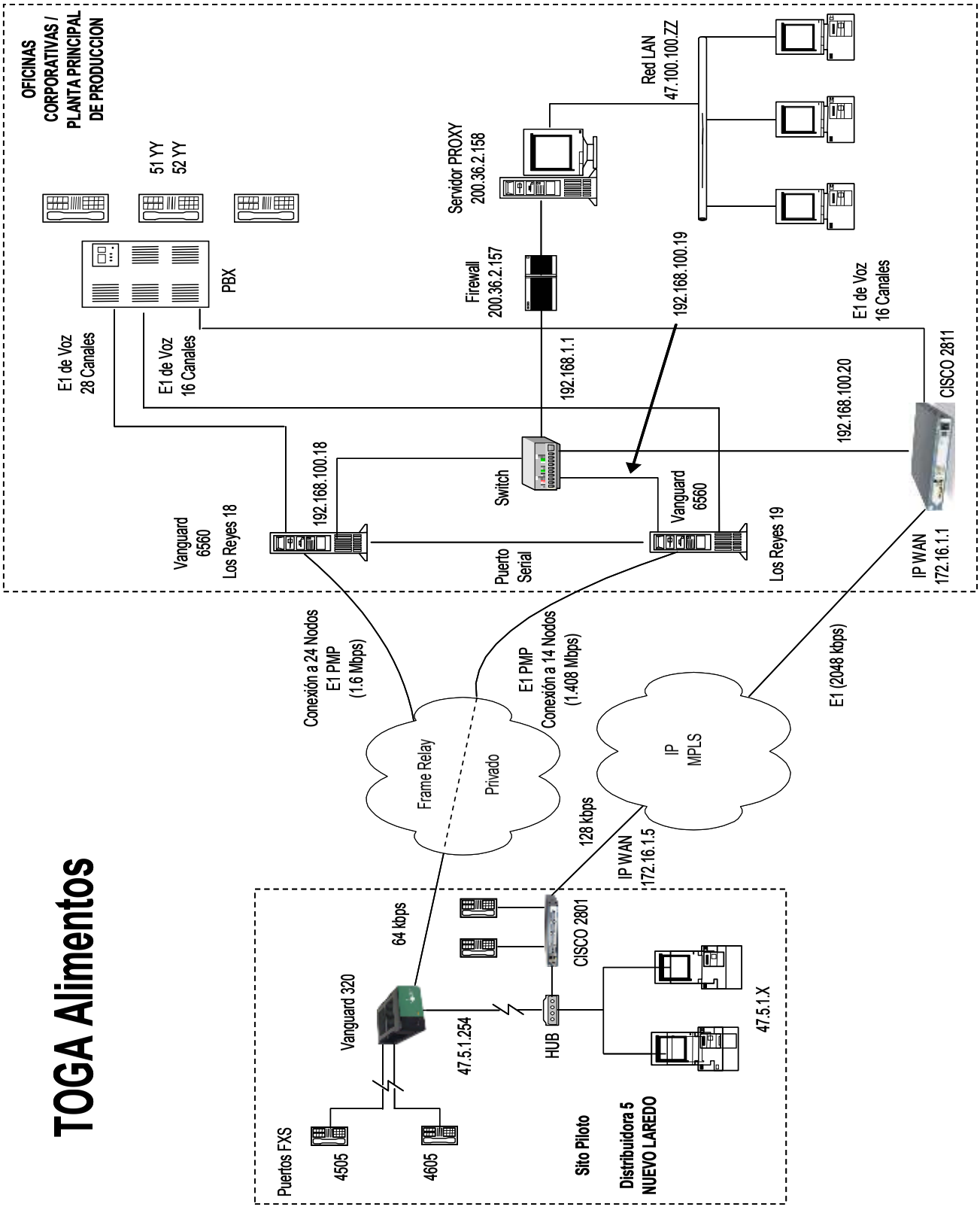


Figura 5.1. Diagrama de conexión del sitio piloto durante la migración de la red en *Frame Relay* hacia IP MPLS.

5.5. Actividades y tiempos de implementación

La implementación de la red IP MPLS de TOGA Alimentos debe realizarse de acuerdo a la estrategia general de migración y tiene un periodo de duración conforme a los tiempos mencionados en el procedimiento técnico de migración. Dentro de las tareas y actividades que se ejecutarán se contemplan en particular los siguientes tiempos:

- 6 semanas ó 42 días para el tiempo máximo de entrega de todos los enlaces locales por parte del *Carrier*.

- 3 días para las pruebas de detección de posibles errores en el medio de transmisión (prueba de BERT) para todos los enlaces locales que se entregan en cada sitio o nodo de la red.

- 6 semanas ó 42 días para el tiempo máximo de entrega de todos los equipos *routers* por parte del *Carrier*.

- 3 días para la programación de los todos los equipos *routers* que se instalarán en cada sitio o nodo de la red.

El tiempo estimado para la migración e implementación de la red IP MPLS es de 97 días naturales en total, comenzando con la aceptación del proyecto por parte del *Carrier* elegido y TOGA Alimentos y terminando con la evaluación y desempeño de la red IP MPLS por parte de TOGA Alimentos.

Para dejar operando la red en IP MPLS, en total son 79 días naturales a partir de la recopilación, revisión y validación de la información de la red en *Frame Relay* hasta la liberación del nodo central de la interconexión de las dos redes en Frame Relay e IP MPLS, por parte del *Carrier* 3, dejando así en operación los 38 *routers* 2801 de los sitios remotos y el *router* 2811 del nodo central bajo la plataforma IP MPLS. En la tabla 5.1 se muestran las tareas y actividades del plan de implementación, así como las fechas de inicio y de fin de cada una de ellas.

Tarea	Duración	Comienzo	Fin
Aceptación del Proyecto	**1 día**	05/06/2006	05/06/06
Información de la red de *Frame Relay*	**5 días**	06/06/2006	10/06/06
Recopilación de Información de la red	2 días	06/06/2006	07/06/06
Revisión y validación de la Información de la red	4 días	07/06/2006	10/06/06
Enlaces Locales	**45 días**	06/06/2006	27/07/06
Instalación y Entrega de Enlaces Locales por Sitio	42 días	06/06/2006	24/07/06
Pruebas de funcionamiento de los enlaces locales	3 días	25/07/2006	27/07/06
Equipos *Routers*	**45 días**	06/06/2006	27/07/06
Entrega de los equipos *routers*	42 días	06/06/2006	24/07/06
Preconfiguración de los equipos *routers* de la red	3 días	25/07/2006	27/07/06
Nodo Central	**4 días**	28/07/2006	01/08/06
Activación del nodo central en IP MPLS	1 día	28/07/2006	28/07/06
Interconexión de las redes de *Frame Relay* e IP MPLS	1 día	31/07/2006	31/07/06
Configuración del PBX del nodo central como "Tandem"	1 día	01/08/2006	01/08/06
Sitio Piloto	**2 días**	02/08/2006	03/08/06
Activación del sitio piloto Distribuidora 5, Nuevo Laredo en IP MPLS	1 día	02/08/2006	02/08/06
Migración del sitio piloto con las aplicaciones de voz y datos	1 día	03/08/2006	03/08/06
Sitios Remotos	**14 días**	07/08/2006	22/08/06
Migración de los 13 sitios remotos del Switch Vanguard "Los Reyes 19"	5 días	07/08/2006	11/08/06
Migración de los 24 sitios remotos del Switch Vanguard "Los Reyes 18"	8 días	14/08/2006	22/08/06
Liberación del nodo central de la interconexión entre las dos redes	**1 día**	23/08/2006	23/08/06
Evaluación y desempeño del funcionamiento de la red	**15 días**	24/08/2006	09/09/06

Tabla 5.1. Tareas del plan de implementación de la red IP MPLS de TOGA Alimentos.

En la tabla 5.2 se enlistan los primeros sitios remotos que se migrarán durante el periodo del 14 al 22 de agosto, los cuales corresponden al Switch Vanguard “Los Reyes 19”. De igual forma, en la tabla 5.3 se enlistan los segundos sitios remotos que se migrarán del 7 al 11 de agosto, mismos que corresponden al Swicth Vanguard “Los Reyes 18”.El orden presentado es el que se llevará a cabo durante la implementación de dichos sitios.

Switch “Los Reyes 19”					
Orden	**Nombre del Sitio**	**Estado**	**Orden**	**Nombre del Sitio**	**Estado**
1	Bodega Edo. de Méx. 1	Ixtapaluca	**8**	Distribuidora 11	Villahermosa
2	Distribuidora Méx. 1	Iztapalapa	**9**	Distribuidora 16	Cholul
3	Distribuidora Edo. de Méx. 1	Los Reyes La Paz	**10**	Distribuidora 17	Morelia
4	Distribuidora Edo. de Méx. 2	Texcoco	**11**	Distribuidora 21	Veracruz
5	Grupo D.F.	Tlalpan	**12**	Distribuidora 22	Zamora
6	Grupo Guerrero	Acapulco	**13**	Distribuidora 24	Benito Juárez
7	Distribuidora 1	Cd. Juárez	**14**	***** Distribuidora 5	Nuevo Laredo

Tabla 5.2 Orden de migración de los 14 sitios remotos del Switch Vanguard "Los Reyes 19"

***** La Distribuidora 5 de Nuevo Laredo se ha elegido como el sitio piloto durante la migración.

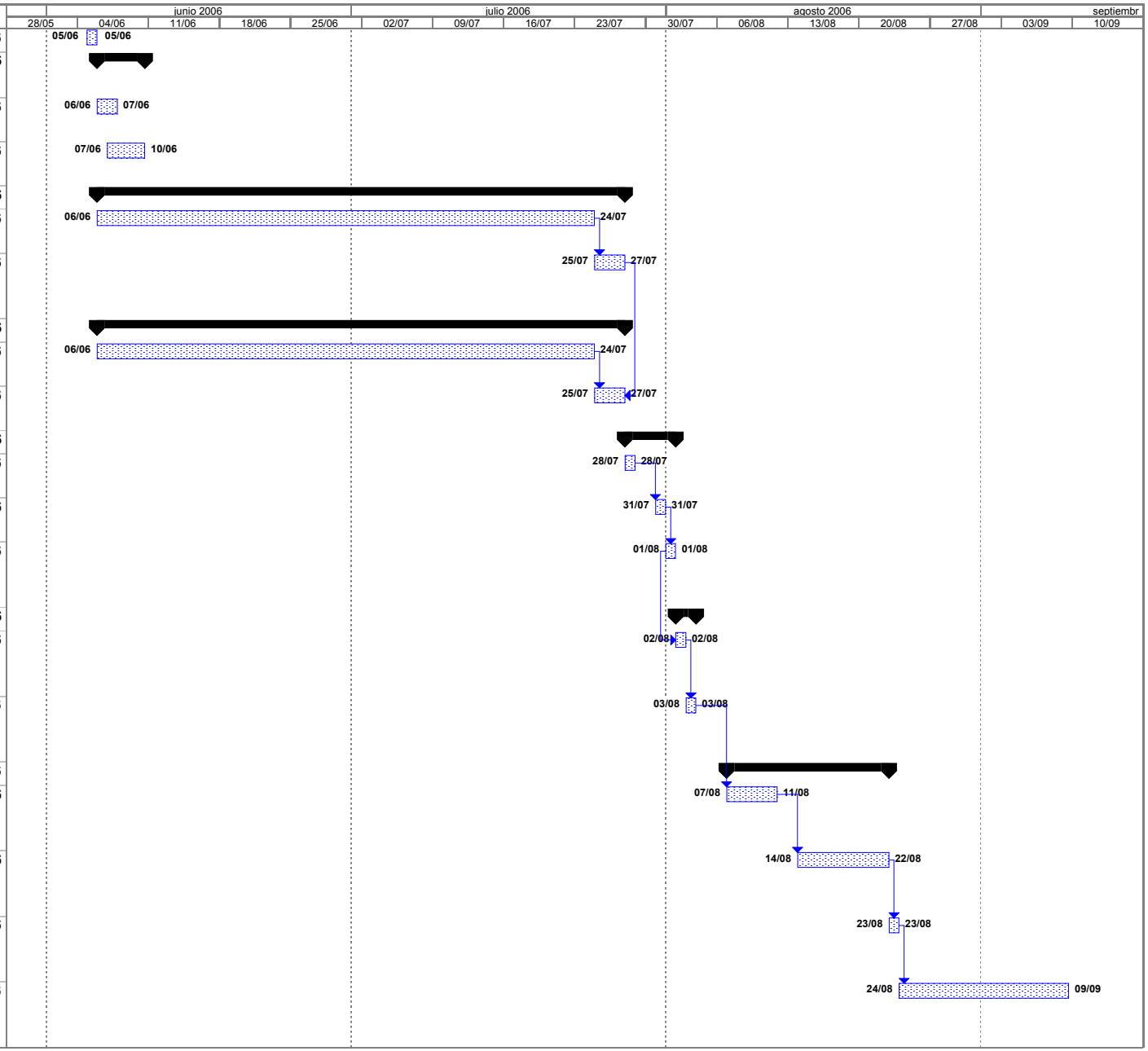
Switch “Los Reyes 18”					
Orden	**Nombre del Sitio**	**Estado**	**Orden**	**Nombre del Sitio**	**Estado**
1	Bodega Edo. de Méx. 2	Nezahualcoyotl	**13**	Distribuidora 8	Altamira
2	Distribuidora Méx. 2	Azcapotzalco	**14**	Distribuidora 9	Toluca
3	Grupo San Luís	San Luís Potosí	**15**	Distribuidora 10	Tuxtla Gutiérrez
4	Grupo Sonora	Hermosillo	**16**	Distribuidora 12	Aguascalientes
5	Grupo Norte	Monterrey	**17**	Distribuidora 13	Jiutepec
6	Grupo Noroeste	Zapopan	**18**	Distribuidora 14	Chihuahua
7	Grupo Sureste	Oaxaca	**19**	Distribuidora 15	La Paz
8	Distribuidora 2	Culiacán	**20**	Distribuidora 18	Puebla
9	Distribuidora 3	Durango	**21**	Distribuidora 19	Tijuana
10	Distribuidora 4	León	**22**	Distribuidora 20	Gómez Palacio
11	Distribuidora 6	Pachuca	**23**	Distribuidora 23	Guasave
12	Distribuidora 7	Querétaro	**24**	Distribuidora 25	Torreón

Tabla 5.3. Orden de migración de los 14 sitios remotos del Switch Vanguard "Los Reyes 19"

En la figura 5.2 se presenta el diagrama de Gantt del plan de implementación de la red actual en *Frame Relay* de TOGA Alimentos hacia la nueva plataforma IP MPLS, conforme a la estrategia general y procedimiento técnico de migración y a los tiempos mostrados en la tabla 5.1.

Implementación de la Red IP MPLS

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1	**Aceptación del Proyecto.**	**1 día**	**lun 05/06/06**
2	**Información de la red de Frame Relay.**	**5 días**	**mar 06/06/06**
3	Recopilación de Información de la red.	2 días	mar 06/06/06
4	Revisión y validación de la Información de la red.	4 días	mié 07/06/06
5	**Enlaces Locales.**	**45 días**	**mar 06/06/06**
6	Instalación y Entrega de Enlaces Locales por Sitio.	42 días	mar 06/06/06
7	Pruebas de funcionamiento de los enlaces locales (BERT).	3 días	mar 25/07/06
8	**Equipos Routers.**	**45 días**	**mar 06/06/06**
9	Entrega de los equipos routers.	42 días	mar 06/06/06
10	Preconfiguración de los equipos routers de la red.	3 días	mar 25/07/06
11	**Nodo Central.**	**4 días**	**vie 28/07/06**
12	Activación del nodo central en IP MPLS.	1 día	vie 28/07/06
13	Interconexión de las redes de Frame Relay e IP MPLS.	1 día	lun 31/07/06
14	Configuración del PBX del nodo central como "Tandem".	1 día	mar 01/08/06
15	**Sitio Piloto.**	**2 días**	**mié 02/08/06**
16	Activación del sitio piloto Distribuidora 5, Nuevo Laredo en IP MPLS.	1 día	mié 02/08/06
17	Migración del sitio piloto con las aplicaciones de voz y datos.	1 día	jue 03/08/06
18	**Sitios Remotos.**	**14 días**	**lun 07/08/06**
19	Migración de los 13 sitios remotos del Switch "Los Reyes 19".	5 días	lun 07/08/06
20	Migración de los 24 sitios remotos del Switch "Los Reyes 18".	8 días	lun 14/08/06
21	**Liberación del nodo central de la interconexión entre las dos redes.**	1 día	mié 23/08/06
22	**Evaluación y desempeño del funcionamiento de la red IP MPLS.**	15 días	jue 24/08/06



TOGA ALIMENTOS

1 de Julio de 2006

Tarea · Hito · Tarea resumida · Progreso resumido · Tareas externas · Agrupar por síntesis
Progreso · Resumen · Hito resumido · División · Resumen del proyecto · Fecha límite

Figura 5.2. Plan de implementación de la red Frame Relay actual hacia IP MPLS.

Es importante una vez finalizada la migración de la red de comunicaciones de TOGA Alimentos, considerar una evaluación del funcionamiento y desempeño de la misma bajo la plataforma IP MPLS, para asegurar que los servicios de voz y de datos en cada sitio o nodo de la red operan correctamente.

CAPÍTULO 6

EVALUACION DE LA RED IP MPLS

En este capítulo se presenta la evaluación de la red de TOGA Alimentos bajo la plataforma IP MPLS, la cual consiste en validar el correcto funcionamiento y desempeño de los servicios de voz y de datos en la red, mostrando las gráficas de tráfico en IP MPLS, las configuraciones de los equipos CISCO y el protocolo de pruebas que se ha utilizado para verificar la correcta operación de las aplicaciones de voz y de datos *SAP* e Internet que se transmiten en los sitios remotos y nodo central de la red.

Una vez finalizada la migración de la red de TOGA Alimentos en *Frame Relay* hacia la nueva red bajo la plataforma de tecnología IP MPLS, es conveniente realizar una evaluación del funcionamiento de las aplicaciones de voz y de datos en los sitios remotos y en el nodo central. El desempeño de la red se evaluará en un periodo de 15 días a partir de la liberación del nodo central de la interconexión entre las redes de *Frame Relay* e IP MPLS, es decir, en el momento en que haya finalizado la puesta a punto de todos los sitios y nodos de la red bajo la plataforma IP MPLS.

6.1. Puesta a punto de los routers de la red IP MPLS

Para la validación de la operación correcta de los equipos *routers* 2801 de los sitios remotos, así como del *router* 2811 del nodo central, se deben confirmar que ciertos parámetros estén apropiadamente configurados. Estos parámetros corresponden a las interfaces WAN de los equipos, es decir, a las configuraciones de las interfaces V.35 de los *routers* 2801 y de la interfaz E1 del *router* 2811, las cuales se parametrizan y se validan de la siguiente forma:

- Impedancia del sistema a tierra. Medición menor o igual a 0.5 ohms.

- Interfaces WAN. Las interfaces deben estar activas de forma permanente, para ello se configuran los *routers* con un comando propio de los equipos CISCO, conocido como "*no shutdown*", el cual permite que las interfaces permanezcan encendidas.

- Direcciones IP. En cada una de las interfaces WAN y LAN deben configurarse las direcciones IP WAN e IP LAN que se mencionaron en el capítulo 4 para cada sitio o nodo.

- Errores de bytes. Este parámetro se conoce como *CRC* (Cyclic Redundancy Check) e indica la cantidad de errores de bytes cíclicos y redundantes que se transmiten en el envío y recepción de información. *CRC* se configura en los *routers*, especificando la cantidad en bytes cíclicos permitidos en la transmisión, los cuales en *Frame Relay* es de 4 bytes y en IP MPLS de 4 o 6 bytes. Para nuestro caso se configura en los *routers* con un valor de 4 bytes, es decir, CRC4.

- Sincronía. La señal de reloj para sincronizar el envío y recepción de información que deben tomar los equipos *routers* es la señal interna que generan por sí mismos. Los *routers* CISCO poseen un reloj interno para ello.

- Datos. Los bits de datos transmitidos deben ser enviados como se encapsulan en IP MPLS, sin tener ninguna inversión de los niveles 0 ó 1 de cualquier bit.

- Configuraciones temporales. Verificar que no existan configuraciones que fueron puestas de manera temporal durante la migración y que puedan afectar el comportamiento de la nueva red.

Adicionalmente a la configuración de las interfaces WAN y LAN de los routers, se deben configurar los siguientes parámetros en los equipos CISCO.

- Plan de marcación de voz en cada puerto *FXS* de los *routers* 2801 de los sitios remotos, de acuerdo al plan de marcación que se mencionó en los capítulos 4 y 5.

- Plan de marcación de voz en los dos enlaces E1 de voz del *router* 2811 del nodo central, de acuerdo al plan de marcación que se mencionó en los capítulos 4 y 5.

En la tabla 6.1 se muestran los parámetros y validaciones que se requieren en las interfaces WAN de los *routers*, los cuales permiten poner los equipos en puesta a punto para operar correctamente.

1. Validación del correcto funcionamiento del enlace local en la interfaz WAN
1.1. Impedancia del sistema menor a 0.5 ohms (valor a tierra). 1.2. Activar la Interfaz WAN para observar que: **No se tengan ni se incrementen los errores de CRC, de bits y reinicios inesperados de interfaz.**
2. Validación de sincronía en la interfaz del nodo central
2.1. Se requiere confirmar que en el *router* 2811 la tarjeta WAN E1, estén configurados en su programación los siguientes parámetros. **no shutdown** **Framing NO-CRC4** **Clock source internal** En el caso de los sitios remotos, sólo aplican los dos primeros.

Tabla 6.1. Configuración de los parámetros de las interfaces WAN. (Continúa)

3. **Parámetros específicos en la configuración de la Interfaz**
3.1. Se deberá confirmar que en la programación del nodo central se registren los siguientes parámetros: **Serial 0/0/1:0 is up, line protocol is up** **Hardware is Multichannel E1** **Description: TOGA Alimentos, BW: 2048 kbps, CID: Los Reyes** **Data non-inverted**
3.2. Se deberá confirmar que se han configurado las direcciones IP en cada interfaz, donde XX identifica al nodo. Los parámetros a validar de la interfaz serial y ethernet son: **ip serial interface 0/0/1: 0 172.16.1.XX** **ip ethernet interface 0/0/1: 0 47.XX.1.254**

Tabla 6.1. Configuración de los parámetros de las interfaces WAN.

6.2. Pruebas de conectividad de voz y de datos en los sitios de la red

Las pruebas para evaluar el correcto funcionamiento de la aplicaciones de voz y de datos en la red IP MPLS se establecen bajo un protocolo, el cual permite validar las funcionalidades del plan de marcación de voz, así como el envío y recepción de datos *SAP* y de navegación en Internet entre todos los sitios y nodos de la red. Estas pruebas son:

- Para Voz. En los sitios remotos se realizan llamadas entrantes y salientes en cada puerto *FXS* de los *routers* 2801, y en el nodo central en cada uno de los 44 canales de voz de los dos enlaces E1 de voz del PBX central. Dichas pruebas se realizan entre todos los puertos y canales de voz en cada uno de los sitios y nodos de la red, así como con la red de telefonía convencional (*PSTN*).

- Para Datos. Las pruebas se realizan a través de un comando de la capa de aplicación (capa 7) del modelo OSI, conocido como "*ping*", el cual se utiliza para "ubicar o localizar" un puerto o interfaz de un dispositivo WAN o LAN en una red. Las interfaces

que se “alcanzan” con este comando son las interfaces WAN (V.35 y E1) y LAN (Ethernet) de los *routers* 2801 y 2811. Con este comando se puede definir si existe comunicación entre todos los sitios de la red para validar el envío y recepción de cualquier tipo de datos (*SAP* o “*best effort*”). Se utiliza el comando *ping* desde la *Nube* IP MPLS hacia las interfaces WAN y LAN de los *routers* de la red y viceversa, utilizando el direccionamiento IP WAN e IP LAN definido en el capítulo 4.

Particularmente para la prueba de navegación en Internet, el comando *ping* se utiliza para “alcanzar” un servidor que resuelve direcciones IP en Internet llamado “servidor de nombres de dominio” (*DNS*), con lo que se puede validar el acceso a Internet a través de la *Nube* IP MPLS que proporciona el *Carrier* 3.

En la tabla 6.2 se presenta el protocolo de pruebas de conectividad entre los sitios y nodos de la red IP MPLS, de acceso a Internet y del plan de marcación de voz.

1. Pruebas de Conectividad entre el *router* del sitio remoto o nodo central y la *Nube* IP MPLS del *Carrier* 3
1.1. Hacer *ping* desde la *Nube* IP MPLS hacia la interfaz WAN del *router* del sitio remoto o nodo central, considerando que en IP MPLS las direcciones IP son privadas. **Carrier3 # ping vrf V385: Los Reyes 172.16.1.1**
1.2. Hacer *ping* desde la interfaz WAN del nodo central la interfaz WAN del *Carrier* 3. **Los Reyes # ping 172.16.0.0 (IP WAN del *Carrier* 3)**
1.3. Hacer *ping* desde la *Nube* IP MPLS hacia la interfaz Ethernet del *router* del sitio remoto o nodo central. **Carrier3 # ping vrf V385:Los Reyes 192.168.100.20 (IP Ethernet del sitio o nodo)**
1.4. Hacer *ping* desde la interfaz Ethernet del sitio remoto o nodo central hacia una PC o interfaz WAN de la red IP MPLS de cualquier otro sitio remoto. **Los Reyes # ping 47.98.1.254 (IP WAN o Ethernet de la red IP MPLS)**
2. Pruebas de Conectividad hacia Internet desde la red IP MPLS
2.1. Hacer *ping* hacia Internet desde la Interfaz WAN del *router* 2801 y 2811

Tabla 6.2. Protocolo de pruebas de voz y de datos en la red IP MPLS. (Continúa)

Los Reyes # ping 148.240.241.41 (DNS del *Carrier* 3 en Internet)
2.2. Validar la correcta la resolución del DNS del Carrier 3 desde el router 2801 y 2811 mediante *ping* hacia una página en Internet.
Los Reyes # ping www.yahoo.com (DNS del *Carrier* 3 en Internet)
3. Pruebas de terminación completa de llamadas y marcación permitida en la red IP MPLS
3.1. Validación de la marcación entre los puertos *FXS* del mismo router.
3.2. Validación de llamadas salientes de un sitio remoto a cualquier otro sitio remoto de la red IP MPLS.
3.3. Validación de llamadas entrantes de un sitio remoto a cualquier otro sitio remoto de la red IP MPLS.
3.4. Validación de envío de fax en al menos 2 localidades de la red IP MPLS.
3.5. Validación de llamadas salientes de cualquier sitio o nodo de la red IP MPLS hacia la red de de telefonía convencional (*PSTN*).
3.6. Validación de llamadas salientes de cualquier sitio o nodo de la red IP MPLS hacia la *PSTN*, considerando marcación a números de teléfonos celulares.
3.7. Validación de llamadas salientes de cualquier sitio o nodo de l red IP MPLS hacia la *PSTN*, considerando marcación a números de larga distancia nacional, internacional y números 800's.
3.8. Validación de las llamadas entrantes desde la red de telefonía convencional hacia cualquier sitio o nodo de la red IP MPLS.

Tabla 6.2. Protocolo de pruebas de voz y de datos en la red IP MPLS.

6.3. Gráficas del tráfico de la red IP MPLS

En este apartado se presentan el tráfico de voz y de datos en la red IP MPLS por ancho de banda de 128 kbps, 192 kbps y 2048 kbps.

Las gráficas muestran el monitoreo del enlace local de los sitios o nodos de la red con los anchos de banda mencionados, en un periodo de 12 horas a partir de las 08:51 horas hasta

las 20:11 horas con intervalos de 20 minutos, en uno de los 15 días que se han destinado para la evaluación y desempeño del funcionamiento de la red. En el eje vertical del lado izquierdo de la gráfica, se presenta la cantidad de bits de información de voz y de datos que se transmiten de entrada y salida, y en el eje vertical del lado derecho el porcentaje de utilización del enlace local.

Adicionalmente se muestra la información del ancho de banda en kbps, tipo de *router*, reporte de falla y alarmas ocurridas en el circuito del enlace local y nombre de la localidad.

En la gráfica de la figura 6.1 se presenta el monitoreo del enlace local de 128 kbps de la Distribuidora 5 de Nuevo Laredo, la cual fue elegida como sitio piloto para las pruebas de migración, como el primer sitio implementado bajo la plataforma IP MPLS. En esta gráfica se puede observar que los bits de entrada alcanzan los 7000 bits, y que los bits de salida llegan a los 6930 bits en la transmisión.

De igual forma, el porcentaje pico de los bits de entrada alcanza el 100% de utilización del enlace local, contra un 99% del porcentaje de utilización de los bits de salida.

Se concluye que el ancho de banda de 128 kbps propuesto en el diseño de la red es el correcto para el caso de sitios remotos que cuentan con 2 canales de voz *FXS* y un ancho de banda de 48 kbps para transmitir datos *SAP* y de navegación en Internet, ya que no se presenta saturación en el enlace local y se muestra un buen desempeño en el mismo.

En la siguiente página se presenta la figura 6.1.

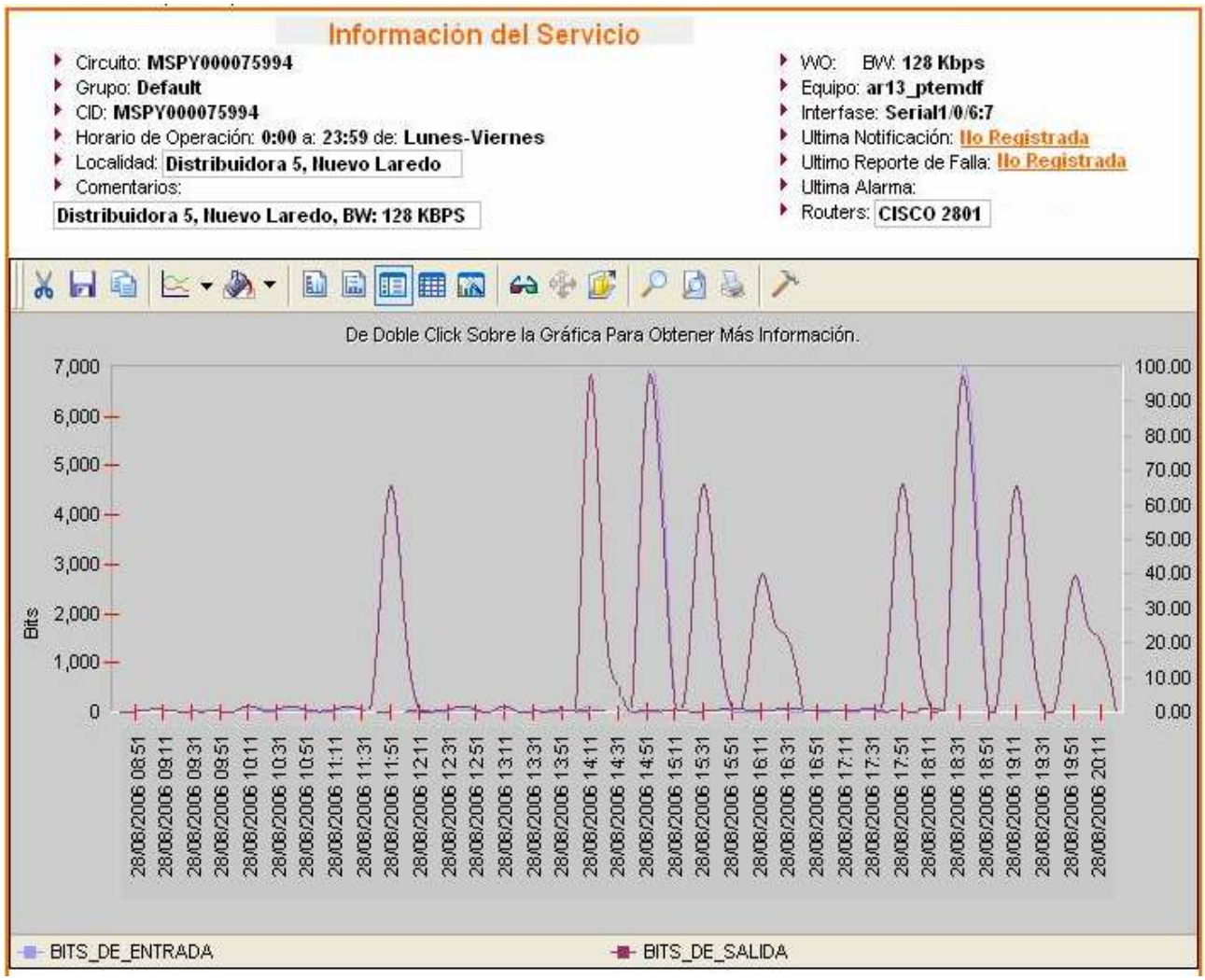


Figura 6.1. Tráfico de voz y datos, enlace de 128 kbps.

En la gráfica de la figura 6.2 se visualiza el monitoreo del enlace local de 192 kbps de la Distribuidora Edo. de Méx. 1. En esta gráfica se puede observar que los bits de entrada y de salida alcanzan los 119,950 bits en un horario determinado y que después del mismo sólo se transmiten bits de salida. En dicho horario, los bits de entrada y de salida alcanzan un 99% de utilización del enlace local. De igual forma se puede observar que en otros horarios, los bits de salida alcanzan un 99% de utilización del enlace local.

De lo anterior se concluye que el ancho de banda de 192 kbps propuesto para este tipo de sitio en el diseño de la red es el correcto, aun cuando el valor obtenido por diseño para el

ancho de banda de este sitio fue de 209 kbps. En este caso, el sitio cuenta con 4 canales de voz *FXS* y un ancho de banda requerido de 165 kbps para transmitir datos *SAP* y de navegación en Internet.

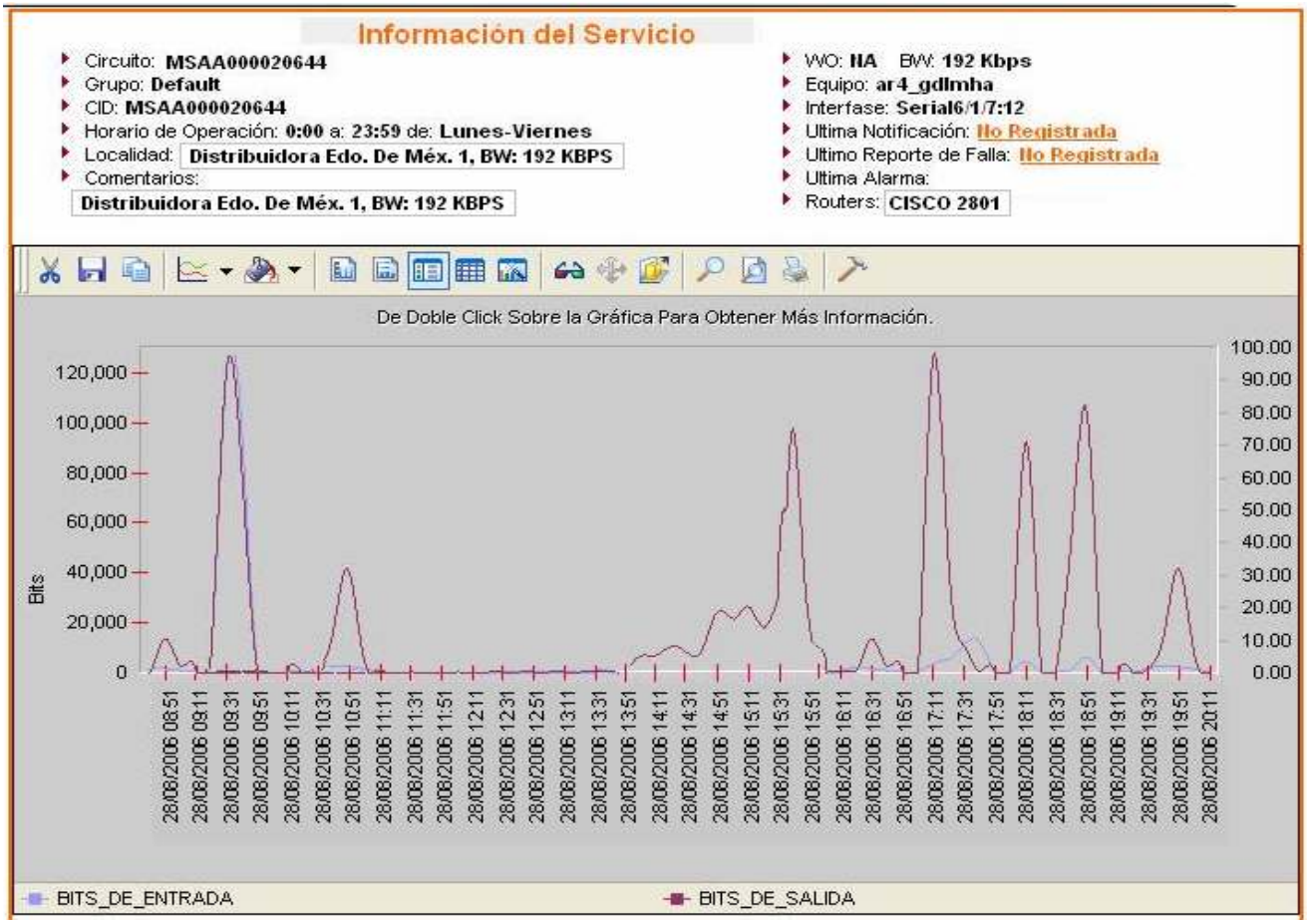


Figura 6.2. Tráfico de voz y datos, enlace de 192 kbps.

En la gráfica de la figura 6.3 se presenta el monitoreo del enlace local de 2,048 kbps del nodo central, el cual corresponde a las oficinas corporativas y planta principal de producción de TOGA Alimentos. En esta gráfica se puede observar que la transmisión de los bits de entrada tienen un valor mayor al que tienen los bits de salida, además de que el envío y recepción de información de voz y de datos en la red va aumentando conforme transcurre el día. Este comportamiento se debe a la operación diaria de la compañía, ya que en el nodo central se recibe la información de todos los sitios remotos al término del día, obteniéndose

así los reportes de distribución de productos, facturación, órdenes de compra, requisiciones, etc., de la empresa.

En la figura se observa que los bits de entrada alcanzan un valor de 1,650,000 bits y que los bits de salida llegan a 1,100,000 bits en la transmisión de información de voz y de datos, por lo que el porcentaje de utilización máximo del enlace local para los bits de entrada es de 83% y para los bits de salida es de 55% de utilización.

De lo anterior se concluye que el ancho de banda de 2048 kbps propuesto en el diseño de la red es el correcto para el nodo central, el cual cuenta con 44 canales de voz en 2 E1 de voz y un ancho de banda de 931 kbps para transmitir datos *SAP* y de navegación en Internet, ya que no se presenta saturación en el enlace local y se muestra un buen desempeño en el mismo.

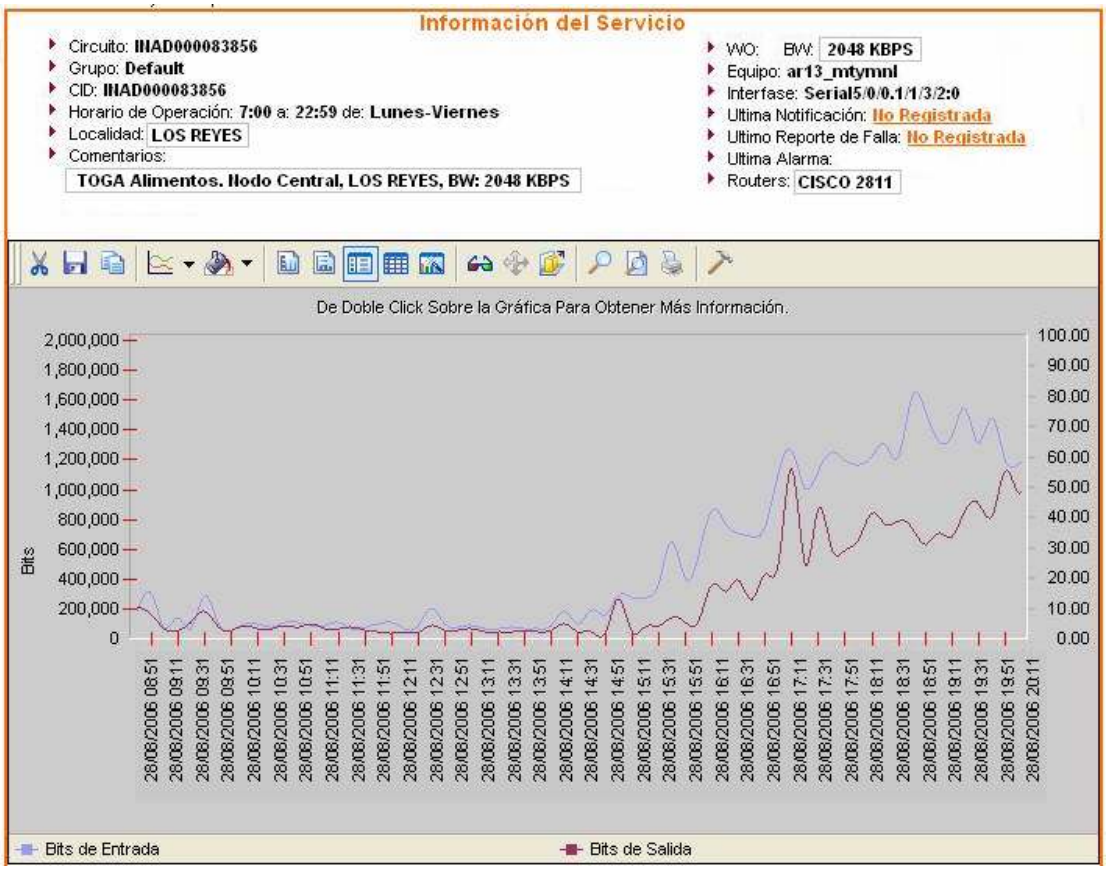


Figura 6.3. Tráfico de voz y datos, enlace de 2,048 kbps.

El valor cercano a un 100% de utilización de los enlaces con un ancho de banda de 128 kbps y 192 kbps, tanto para los bits de entrada como para los bits de salida, nos indica que en un momento dado, si se tiene un crecimiento de las aplicaciones de voz y de datos en los sitios remoto, se requerirá de un mayor ancho de banda para cada caso, sin embargo esto no afecta a las aplicaciones actuales, por lo que son suficientes los anchos de banda calculados para la operación normal de la red y se tiene un buen desempeño por calidad de servicio (*QoS*) en la red.

Para el caso del nodo central, el porcentaje de utilización del enlace es de un 83% en los bits de entrada y de un 55% en los bits de salida, lo cual nos permite tener capacidad de crecimiento y garantiza la conectividad de los sitios remotos hacia el nodo central.

En la figura 6.4 se muestra una de las pantallas de la herramienta de monitoreo remoto vía Web que proporciona el *Carrier* 3 para su plataforma de la *Nube* IP MPLS y de acceso a la red de Internet, donde se visualiza el tiempo en segundos que tarda un paquete en enviarse y recibirse durante la transmisión desde un sitio a otro, conocido dicho tiempo como latencia, así como el porcentaje de pérdida de paquetes en la en los servicios mencionados. Como puede observarse los valores de latencia y pérdida de paquetes son muy pequeños, lo cual indica un buen desempeño de la *Nube* IP MPLS del *Carrier* 3 y de la red de TOGA Alimentos bajo la plataforma IP MPLS.

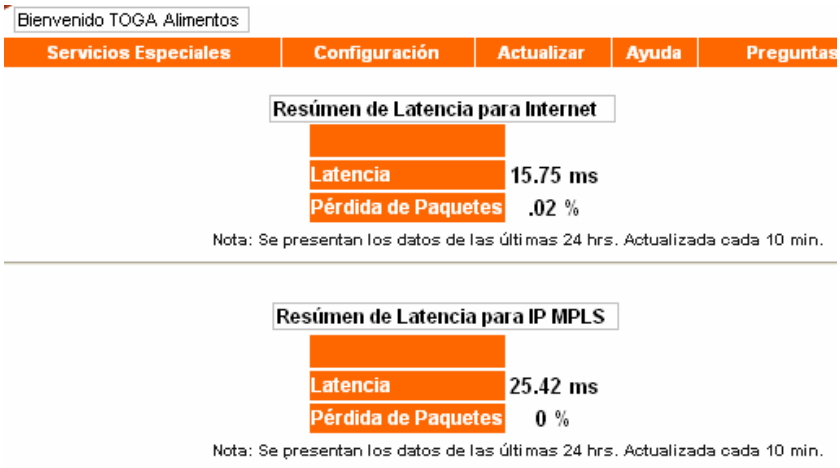


Figura 6.4. Latencia y pérdida de paquetes en IP MPLS y de acceso a Internet.

Una vez finalizada la etapa de evaluación y desempeño de la red de comunicaciones de TOGA Alimentos bajo la plataforma IP MPLS, es importante analizar los resultados obtenidos en la red.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez realizada la evaluación de la nueva red, en la que se validó el funcionamiento y desempeño de los servicios de voz y de datos, se presentan los resultados y conclusiones de la migración de la red de comunicaciones de TOGA Alimentos bajo la plataforma de tecnología IP MPLS.

En el desarrollo de este trabajo de tesis se han presentado los antecedentes y conceptos de redes de telecomunicaciones, así como el análisis de la red en *Frame Relay*, el diseño de la red bajo la plataforma de tecnología en IP MPLS, el plan de implementación de la migración de la red, y finalmente la evaluación de la nueva red para validar su correcto funcionamiento y desempeño, por lo que es posible presentar los resultados y conclusiones del presente trabajo, para determinar el beneficio técnico y económico de migrar la red hacia IP MPLS.

7.1. Resultados

La evaluación de la red IP MPLS de TOGA Alimentos presenta como resultado un correcto desempeño, ya que en las gráficas de tráfico y las pruebas de conectividad de voz y de datos, la transmisión de información se establece sin pérdida de paquetes, una latencia de 25.42 ms en la plataforma IP MPLS, de 15.75 ms en el servicio de acceso a Internet y sin saturación en los anchos de banda de los enlaces locales en cada uno de los sitios y nodos de la nueva red, aun cuando estos alcanzan un 100% del porcentaje de utilización en los sitios remotos con un ancho de banda de 128 kbps.

El correcto funcionamiento de la red se debe a la implementación de las políticas de calidad de servicio (*QoS*) bajo la plataforma IP MPLS, las cuales establecen prioridades para el envío y recepción de información bajo los criterios de alta prioridad para las aplicaciones de voz y de datos *SAP* y de baja prioridad para la aplicación de datos de navegación en Internet, permitiendo así un manejo dinámico y un máximo aprovechamiento del ancho de banda de los enlaces locales, lo que da como resultado un mejor desempeño y funcionamiento en la transmisión de las aplicaciones de voz y de datos en la red.

En el caso de que en los sitios remotos sea necesario incrementar los canales de voz o el ancho de banda de las aplicaciones de datos *SAP* y de navegación en Internet, o ambos a la vez, se requerirá crecer el ancho de banda de los enlaces locales, el cual dependerá de cuantos canales de voz o ancho de banda de las aplicaciones de datos se incrementen. De manera general, los resultados obtenidos del porcentaje pico de utilización de los enlaces locales en la red, se presentan en la tabla 7.1.

Sitio / nodo	Ancho de banda de los enlaces locales (kbps)	% pico de utilización bits entrada / salida
Nodo central	2048	83% / 55%
Sitios remotos	128	100% / 99%
Sitios remotos	192	99% / 99%

Tabla 7.1. Resultados del porcentaje pico de utilización de los enlaces locales.

Desde el punto de vista económico, TOGA Alimentos tiene un ahorro mensual por el pago de la red por $ 51,132.08 M.N., ya que por la renta mensual de los enlaces dedicados y el mantenimiento de los equipos de comunicaciones de la red en *Frame Relay* cubre un costo por $ 206,226.00 M.N. y por la renta mensual de los enlaces locales con mantenimiento incluido de los equipos de comunicaciones CISCO de la nueva red en IP MPLS cubre un costo por $ 155,093.93 M.N. En la tabla 7.2 se presentan los costos de la renta mensual por cada tipo de red.

Concepto	**Costo mensual red *Frame Relay***	**Costo mensual red IP MPLS**
Enlaces	$ 190,476.00	$ 155,093.92
Mantenimiento de los equipos de comunicaciones de la red	$ 15,750.00	$ 0.00
Total	**$ 206,226.00**	**$ 155,093.92**

Tabla 7.2. Comparativo del costo mensual total entre redes.

Considerando el pago por la adquisición de los *routers* marca CISCO modelo 2800 por $ 131, 599.98 usd a un tipo de cambio de $ 10.70 pesos por dólar, tenemos de forma lineal, que TOGA Alimentos recuperaría su inversión inicial por la compra de los equipos en el siguiente periodo:

Inversión por *routers* CISCO 2800 = $131,599.98 usd * $ 10.70 M.N. = $ 1,408,119.76 M.N.

Tomando en cuenta el ahorro mensual por $ 51,132.08 M.N., tenemos que el periodo de recuperación de inversión es:

Periodo de inversión de recuperación = Monto total de la inversión ÷ Ahorro mensual

Por lo que tenemos:

Periodo de inversión de recuperación = $ 1,408,119.76 M.N. ÷ $ 51,132.08 M.N.
Periodo de inversión de recuperación = 27.5 meses.

Es decir, en 28 meses TOGA Alimentos recuperaría su inversión inicial, teniendo así 8 meses de ahorro mensual total a su favor, ya que el mantenimiento de los equipos *routers* CISCO ofrecido por el *Carrier* 3 es por 36 meses o bien 3 años.

De tal forma que el ahorro total en 36 meses por migrar su red de Frame Relay e implementar la red en IP MPLS es por:

Ahorro en 36 meses = $ 51,132.08 M.N. * 8 meses = $ 409,056.64 M.N.

7.2. Conclusiones

El beneficio, desde el punto de vista de ingeniería, que representa migrar la red de *Frame Relay* hacia IP MPLS, así como los equipos de comunicaciones, es el tener las funcionalidades de las aplicaciones de voz y de datos operando correctamente, bajo un manejo dinámico del ancho de banda con calidad de servicio por cada tipo de aplicación, según las prioridades del manejo de tráfico mencionadas anteriormente, permitiendo así que los anchos de banda de los enlaces sean utilizados al 100% sin ser desaprovechados y obteniéndose con ello un alto desempeño de la red.

Al migrar e implementar TOGA Alimentos su red de comunicaciones hacia la plataforma de tecnología en IP MPLS, la compañía se encuentra a la vanguardia en tecnología, superando así el reto de migrar su red en *Frame Relay* hacia los nuevos avances tecnológicos que en materia de telecomunicaciones existen actualmente.

Con los resultados obtenidos en la red IP MPLS de TOGA Alimentos, podemos concluir que los avances tecnológicos que existen actualmente en materia de telecomunicaciones, facilitan el diseño, implementación y evaluación de las redes de comunicaciones, las cuales favorecen al desarrollo de las empresas, manteniéndolas a la vanguardia y permitiéndoles así un crecimiento y desarrollo en sus negocios.

BIBLIOGRAFÍA

- Bruce S. Davie, Yakov Rekhter. MPLS: Technology and Applications. 1a. Edición, Morgan Kaufmann Publishers, USA, 2000.
- Comer, D.E., Stevens, D.L. Internetworking with TCP/IP. Volume I, Prentice-Hall International, USA, 1995.
- Dave Kosiur. Building and Managing Virtual Private Networks. 1a. Edición, John Wiley & Sons, USA, 1998.
- Douglas E. Comer, Ralh E. Droms. Computer Networks and Internets. 4a. Edición, Prentice Hall, USA, 2003.
- Fred Halsall. Data Communications, Computer Networks and OSI (Electronic Systems Engineering Series). 2a Edición, Edit. Addison-Wesley, USA, 1988.
- Held, G. Internetworking LANs and WANs. Concepts, Techniques and Methods. 2a. Edición, Wiley, USA, 1998.
- J.D. Sprangins, J.L. Hammond, K. Pawlikowski. Telecommunications Protocols and Design. Adison Wesley, USA, 1991.
- Leon W. Couch. Modern Communication Systems. Ed. Prentice Hall, USA, 1991.
- Murray R. Siegel. Estadística. 2ª. Edición, McGraw Hill, España, 1991.
- Uyless Black. REDES DE COMPUTADORES. Protocolos, Normas e Interfaces. 2a. Edición, RA-MA Editorial, España, 1997.
- Walpole, Myers. Probabilidad y Estadística. 4a. Edición, Ed. McGraw Hill, México; 1992.
- William Stallings. Data and Computer Communications. 7a. Edición, Prentice Hall, USA, 2003.
- William Stallings. Local and Metropolitan Area Networks. 6a. Edición, Prentice Hall, USA, 2000.

A

ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network). Red de Agencia de Proyectos de investigación Avanzada de los Estados Unidos.

ATM (Asynchronous Transfer Mode). Modo de Transferencia Asíncrona.

B

BERT (Bit Error Rate). Tasa de errores de bits en el medio de transmisión. Se refiere también a la prueba de errores de bits que se realiza en los enlaces dedicados o locales para validar la calidad del medio de transmisión.

BROADCAST. Es un modo de transmisión o difusión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo

C

CARRIER. Compañía proveedora de servicios de comunicación que opera en cierta área geográfica de una región o un país.

CIR (Committed Information Rate). Tarifa de Información Comprometida.

CISCO. Nombre de una de las marcas líderes más importantes en el mercado de las telecomunicaciones a nivel internacional que fabrica equipos de comunicaciones con aplicaciones de voz, datos, video e imágenes, y multimedia para redes LAN y WAN.

CPE (Client Premise Equipment). Equipo de premisas del cliente.

CRC - (Cyclic Redundancy Check) Nombre con el que se le conoce a la cantidad de errores de bytes cíclicos y redundantes que se transmiten en el envío y recepción de información. CRC también es un parámetro que se configura en los equipos *routers* de una red, especificando la cantidad de bytes cíclicos permitidos en la transmisión, los cuales en *Frame Relay* son de 4 bytes y en IP MPLS de 4 o 6 bytes.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect). Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones.

D

DACS (Digital Access Cross Connect). Conexión de Acceso Digital.

DATA TRANSFER. Transferencia de datos.

DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

DCA (Defense Comunication Agency).Agencia de Comunicación para la Defensa.

DCE (Distributed Computing Environment). Equipo de Terminación o Ambiente.

DNS (Dominio Name System). Sistema de Nombre de Dominio

DLCI (Data link connection identifier). Identificador de la Conexión de Transmisión de Datos.

DSU/CSU (Channel Service Unit / Data Service Unit). Unidad de Servicios de Datos/ Unidad de Servicios de Canal.

DTE (Data Terminal Equitment). Equipo Terminal de Datos.

DS0 (Digital Signal 0). Señal digital 0 es un enlace o línea dedicada de 64 kbps.

E

E1. El formato de la señal E1 lleva datos en una tasa de 2.048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps cada uno, de los cuales treinta y uno son canales activos simultáneos para voz o datos en SS7 (Sistema de Señalización Número 7) en R2 el canal 16 se usa para señalización por lo que están disponibles 30 canales para voz o datos.

EBCDIC. Es un código binario que representa caracteres alfanuméricos, controles y signos de puntuación. Cada carácter está compuesto por 8 bits = 1 byte, por eso EBCDIC define un total de 256 caracteres.

EDI (Electronic Data Interchange). Intercambio electrónico de datos.

EMAIL (Electronic mail). Por sus siglas en inglés de correo electrónico es un servicio de red para permitir a los usuarios enviar y recibir mensajes mediante sistemas de comunicación electrónicos (normalmente por Internet).

ETHERNET. Nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

F

FEC (Forward Error Correction). Envío de corrección de errores.

FIREWALL. Un firewall es un dispositivo que funciona como cortafuegos entre redes, permitiendo o denegando las transmisiones de una red a la otra. Un uso típico es situarlo entre una red local y la red Internet, como dispositivo de seguridad para evitar que los intrusos puedan acceder a información confidencial.

FRAME RELAY. Es un servicio de transmisión de voz y datos a alta velocidad que permite la interconexión de redes de área local separadas geográficamente a un costo menor. Es una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de marcos ("framas").

FULL MESH – (Malla Completa). Término que se utiliza para referirse a la topología en malla en una red WAN.

FXS (Foreign Exchange Station). Sirven para conectar teléfonos analógicos normales a un computador, y mediante un software especial, realizar y recibir llamadas hacia el exterior, o hacia otros interfaces FXS

G

GATEWAYS. Término utilizado en las redes como puertas de entrada de conexión de dispositivos.

H

HDLC (High Level Data Link Control). Control de enlace de datos de alto nivel.

HDV (High Density Digital Voice). Nomenclatura utilizada por el fabricante de equipos de marca CISCO para describir las tarjetas de interfaz E1, que se utilizan para conectar los 30 canales de voz de la interfaz hacia un conmutador telefónico o PBX.

HOST. El término host (equipo) se da a una máquina conectada a una red de ordenadores y que tiene un nombre de equipo (en inglés, hostname, es un nombre único que se le da a un dispositivo conectado a una red informática. Puede ser un ordenador, un servidor de ficheros, un dispositivo de almacenamiento por red, una máquina de fax, impresora, etc. Este nombre ayuda al administrador de la red a identificar las máquinas sin tener que memorizar una dirección IP para cada una de ellas.) que lo identifica.

HUB. Concentrador o repetidor, es un dispositivo de red que se utiliza para regenerar una señal.

H.323. Es una recomendación del ITU-T (International Telecommunication Union), que define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red. H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP (VoIP, Telefonía de internet o Telefonía IP) y para videoconferencia basada en IP.

I

IETF (Internet Engineering Task Force). Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet.

INTERNETWORKING. Redes interconectadas que integran sus servicios.

IP (Internet Protocol). Protocolo de Internet.

IPX (Internetwork Packet Exchange). Intercambio de paquetes secuenciales.

ISDN (Integrated Services Digital Network). Red Digital Integrada de Servicios.

ISO (International Standards Organization). Organización Internacional de Estándares.

L

LAN (Local Area Netwok). Red de Área Local.

LMI (Link Management Interface). Interface de administración de enlace.

M

MAC (Media Acces Control). Control de acceso al medio.

MAINFRAME. Equipo principal que controla a un grupo de equipos secundarios.

MAN (Metropolitan Area Networks). Redes de área metropolitana.

MILNET (Militar Network). Red Militar

MODEM (Modulator-Demodulator Signal). Por su siglas en Ingles Modulador-Demodulador de señales.

MPLS (Multiprotocol Label Switching). Nivel de Switcheo Multiprotocolo.

N

NIC (Network Interface Card). Tarjeta interfaz de red.

NFS (Network File System). Sistema de archivos de red.

O

OSI (Open System Interconection). Sistema de Interconexión Abierto.

P

PBX (Private Branch eXchange o Private Business eXchange).Es una central telefónica.

PC (Personal Computer). Computadora personal.

PCM (Pulse Code Modulation). Modulación por Impulsos Codificados.

PEER TO PEER (P2P). Punto a punto, más conocida como P2P. Se refiere a una red que no tiene clientes y servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan simultáneamente como clientes y como servidores de los demás nodos de la red. Este modelo de red contrasta con el modelo cliente-servidor la cual se rige de una arquitectura monolítica donde no hay distribución de tareas entre sí.

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). Jerarquía Digital Plesiócrona.

PDU (Protocol Data Unit). Protocolo de Unidad de Dato.

PING. Comando de la capa de aplicación (capa 7) del modelo OSI que se utiliza para "ubicar o localizar" un puerto o interfaz de un dispositivo WAN o LAN. Con este comando se puede definir si existe comunicación con cualquier elemento en una red.

PPP (Protocol Point to Point). Protocolo Punto a Punto.

PSTN (Public Switch Telephone Network). Red telefónica pública conmutada

PVC's (Private Virtual Circuits). Circuito Virtual Privado.

PROXY. Es una computadora que ofrece un servicio de la red de servidores, para permitir que los clientes hagan conexiones de red indirectas a otros servicios de red.

R

ROUTERS. (Enrutadores), es un dispositivo hardware o software de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa tres (nivel de red) del modelo OSI. Este dispositivo interconecta segmentos de red o redes enteras. Hace pasar paquetes de datos entre redes tomando como base la información de la capa de red.

RPC (Remote Procedure Call). Llamada a Procedimiento Remoto)

RTP (Real-time Transport Protocol). Protocolo de transporte en tiempo real.

S

SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte). Sistemas, Aplicaciones y Productos. Con sede en Walldorf, es el primer proveedor de aplicaciones de software empresarial en el mundo. SAP es considerada como el tercer proveedor independiente de software del mundo y el mayor fabricante europeo de software. Con 12 millones de usuarios, 96.400 instalaciones, y más de 1.500 socios, es la compañía más grande de software Inter-empresa

SDLC (Synchronous Data Link Control). Control de Enlace de Datos Síncrono.

SIP (Session Initiation Protocol) Protocolo de Inicialización de Sesiones.

SNA (Systems Network Architecture), es una arquitectura de red diseñada y utilizada por IBM para la conectividad con sus hosts o mainframe.

SS7 (Signalling System #7). Sistema de señalización # 7.
SWITCH - es un dispositivo de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI (Open Systems Interconection). Un switch interconecta dos o más segmentos de red, funcionando de manera similar a los puentes (bridges), pasando datos de un segmento a otro, de acuerdo con la dirección MAC de destino de los datagramas en la red.

SQL (Structured Query Language). Lenguaje de Consulta Estructurado.

T

T1. La tasa de transmisión original (1,544 Mbps) en la línea T-1 es comúnmente usada hoy en día en conexiones de Proveedores de Servicios de Internet (ISP) hacia la Internet en Estados Unidos. T-1 consiste en 24 canales 64-Kbps multiplexados.

TANDEM. Funcionalidad que tiene o debe tener un PBX para funcionar como una central telefónica convencional.

TA/NT1 (Terminal Adapter/Network Terminal 1). Interfaz adaptador de terminal /Terminal de Red 1.

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet.

TOKEN RING. Arquitectura de red desarrollada por IBM, con topología lógica de anillo y técnica de acceso de paso de testigo.

U

UDP (User Datagram Protocol). Protocolo de Datagrama de usuario.

UIT. La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

UTP (Unshielded Twisted Pair). Par Trenzado no protegido.

V

VIC (Voice Interface Card). Nomenclatura utilizada por el fabricante de equipos de marca CISCO para describir las tarjetas de interfaz de voz, que se utilizan para conectar canales de voz FXS.

VPN (Virtual Private Network). Red Privada Virtual.

W

WAN (Wide Área Network). Red de Área Amplia.

WIC (WAN Interface Card). Nomenclatura utilizada por el fabricante de equipos de marca CISCO para describir las tarjetas de interfaz WAN, que se conectan a los enlaces dedicados o locales que proporcionan los *Carriers* en interfaces V.35 y G.703, éstas últimas conocidas también como E1.

X

X.25. Protocolo de red de conmutación de paquetes basada en el protocolo HDLC proveniente de IBM.

3GPP (3rd Generation Partnership Project). Tercera generación de proyectos compartidos.