

DISEÑO DE UNA RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES (X.25) PARA UNA ENTIDAD BANCARIA.

del Salto Pablo

Hidalgo Pablo, Ing.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

RESUMEN

Se presenta una metodología para el diseño de una red de conmutación de paquetes (X.25), concebida para uno de los Bancos locales y aplicable a la mayor parte del sector bancario del Ecuador. Se parte de una descripción del protocolo X.25 para enfocarlo posteriormente a los requerimientos de una entidad bancaria. Se diseña un *backbone* de comunicaciones sólido y con caminos alternativos. Para el proyecto se utilizan líneas dedicadas, enlaces de radio multipunto y satélite como medio de transmisión entre los PADs y Nodos X.25 de la red propuesta.

ABSTRACT

This document presents a methodology for the design of a packet switched network (X.25), conceived for one of the local Banks and applicable to the major part of the banking sector of Ecuador. It begins with a description of the X.25 protocol to focus later to the requirements of a banking entity. A solid communications backbone with alternate routes has been designed. For the project, leased lines, multipoint radio and satellite links are used as the transmission media between PADs and X.25 nodes of the proposed network.

INTRODUCCIÓN

Desde las dos últimas décadas, las tecnologías de las telecomunicaciones y la computación se han vuelto convergentes. La industria de procesamiento de datos ha evolucionado desde el procesamiento tipo *batch* hasta el procesamiento transaccional, mientras que la

necesidad de servicios de comunicación ha ido en aumento. En parte, estos servicios de comunicación son provistos por las redes telefónicas públicas, que debido a su implementación en todo país, permiten que cualquier usuario se conecte con otro usuario de su misma localidad o de cualquier parte del mundo.

El problema radica en que las redes telefónicas, especialmente en cuanto al interfaz entregado al usuario, están diseñadas para transportar voz y no señales digitales de alta velocidad (datos) producidos por los sistemas de computación. La conmutación de paquetes provee una solución a este problema; a pesar de ser una tecnología radicalmente diferente a los métodos convencionales de enrutamiento de información, puede ser implementada sobre las redes de telecomunicaciones existentes.

La conmutación de paquetes permite la transferencia de datos entre dispositivos de comunicación a través una red de datos compartida, en lugar de una única conexión física mediante líneas telefónicas. Los datos de un usuario son divididos en unidades pequeñas (**paquetes**) y transmitidos desde un origen hasta un destino por medio de canales de comunicación compartidos tal como lo indica la figura 1.

Un sistema de conmutación de paquetes, tiene como columna vertebral de la red (*backbone*) un conjunto de nodos o conmutadores de paquetes (*packet switches*) interconectados entre sí. Cada nodo maneja el tráfico de los dispositivos conectados a él, así como el tráfico proveniente de los otros nodos de la red. Los usuarios que accesan a la red por medio de terminales se conectan al conmutador de paquetes mediante líneas públicas privadas o *dial-up*, mientras que las computadoras generalmente lo hacen por medio de líneas dedicadas.

del Salto Pablo
UNIPLEX S.A.
Fax: (593) 2 500-806
Email: del salto@macosa.com.ec
P.O. Box: 17-03-165

Hidalgo Pablo, Ing.
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Fax: (593) 2 567-848
Email: phidalgo@epn.edu.ec
P.O. Box: 17-01-2759

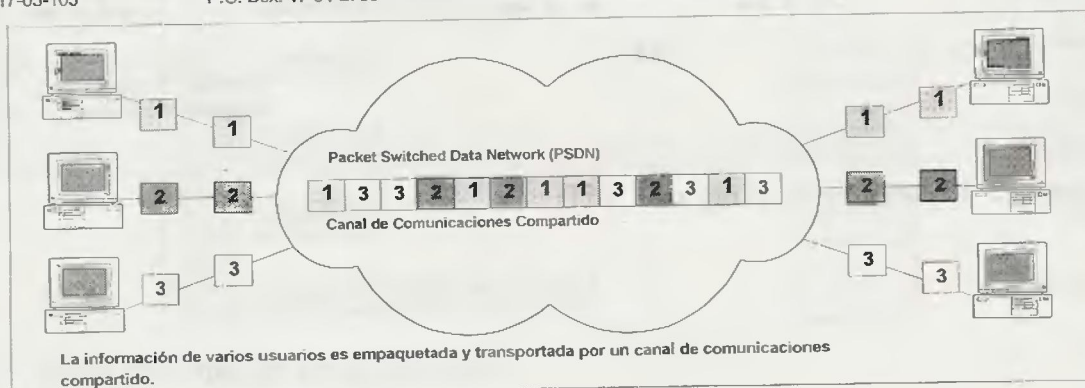


Figura 1. Representación de una Red de Conmutación de Paquetes.

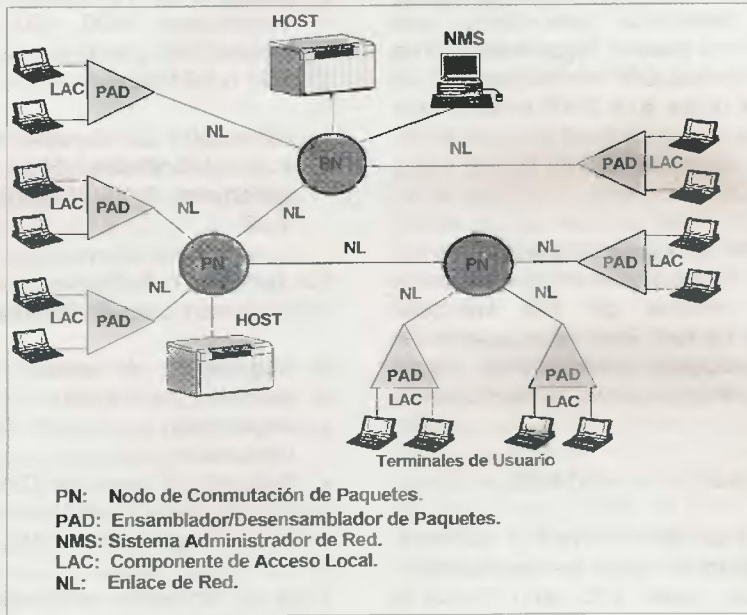


Figura 2. Componentes de una Red de Paquetes X.25.

1. COMPONENTES DE UNA RED DE PAQUETES X.25

Los cinco tipos de componentes (ver figura 2) de una red PSDN (*Packet Switched Data Network*) son:

- Componentes de Acceso Local (*LAC: Local Access Components*).
- Ensambladores/desensambladores de paquetes (*PAD: Packet Assembler/Disassemblers*).
- Nodos de conmutación de paquetes (*PN: Packet Switching Nodes*).
- Enlaces de red (*NL: Network Links*).
- Sistema de administración de red (*NMS: Network Management System*).

a) Componentes de Acceso Local (*LAC*).

Su función es dar conectividad al usuario hacia un PAD. Existen tres componentes de acceso local:

- Terminales de dato de usuario final.
- Línea de acceso local.
- Dispositivo de transmisión de usuario final (modem).

Dependiendo de la línea de acceso local elegida y de la velocidad deseada, se utilizará una de las tecnologías de transmisión para alcanzar la red (por ej. modems para líneas analógicas y *DSU/CSUs: Digital Service Units/Channel Service Units* para líneas digitales).

b) Ensambladores/desensambladores de paquetes (*PADs*).

Aseguran la compatibilidad entre varios dispositivos de usuario (*host* y terminales) y la red de conmutación de paquetes, el PAD realiza la conversión necesaria (de caracteres a bloques) mediante la acumulación de

datos en un buffer de memoria, típicamente de 128 octetos. Adicionalmente, este grupo de datos es revestido de información de control, conformándose el llamado "paquete de datos".

Los datos "empaquetados" son llevados a un nodo de conmutación de paquetes para su enrutamiento hacia su destino final, donde otro PAD puede realizar el "desempaquetamiento" de los datos antes de ser enviados hacia el *host* o terminal de destino. Otras de las funciones realizadas por un PAD pueden ser: concentración física de líneas, funciones de establecimiento y liberación de llamadas, conversión de código, emulación de protocolo, funciones de conmutación local y funciones de tarificación de llamadas (*billing*).

Los PADs están diseñados para soportar un *throughput* (transferencia de información bidireccional) menor que los nodos de conmutación (de 10 a 100 pps: paquetes por segundo). En algunas ocasiones, el nodo X.25 incorpora las funciones de PAD y similarmente, el PAD puede realizar la conmutación de los datos empaquetados. Ciertas computadoras pueden incluir el hardware y software para transformar sus datos internamente al formato X.25, por lo que pueden acceder a un nodo sin necesidad de un PAD.

c) Nodos de conmutación de paquetes (*PN*).

El corazón de una red de conmutación de paquetes es el nodo de conmutación de paquetes o nodo X.25 (por la recomendación del CCITT que lo normaliza). Su función principal es asegurar que cada paquete sea enrutado hacia su correcto destino. Otras de sus funciones incluyen: tarificación de llamadas, diagnósticos internos de la red, soporte de acceso directo de computadoras *host*, conexiones tipo *gateway* para *internetworking* (enlace entre redes X.25).

Frecuentemente, para efectos de confiabilidad, se suelen implementar estructuras redundantes para duplicar componentes que pueden llegar a ser críticos dentro de la red. Los nodos X.25 son dispositivos de un muy alto *throughput* (entre 30 a 3.000 paquetes por segundo).

d) Enlaces de red (NL).

La red de conmutación de paquetes opera sobre un *backbone* de nodos X.25, los cuales están conectados entre sí mediante enlaces de alta velocidad denominados enlaces de red. Para tales enlaces es posible utilizar tecnologías tales como líneas analógicas, líneas digitales, sistemas de microondas y sistemas de satélite.

e) Sistema de administración de red (NMS).

Este sistema, compuesto de *hardware* y *software*, permite realizar un control de todos los elementos de la red (modems, PADs, Nodos X.25, etc.). Desde la consola del NMS, un operador autorizado puede realizar una amplia gama de funciones tales como:

- Configuración de los interfaces de la red.
- Carga del *software* de inicialización o configuración hacia todos los dispositivos de la red.
- Recepción de reportes (alarmas) desde la red de paquetes.
- Recepción de resultados de diagnósticos.
- Recolección de datos de tarificación de llamadas.
- Acciones correctivas frente a problemas.

La función más crítica de un sistema administrador de red es el almacenar y mantener una base de datos de la red. Esto es de especial importancia cuando existe una desconfiguración de algún punto de la red o se desea hacer actualizaciones en el *hardware* en uno o varios de estos puntos. En este caso no será necesaria la presencia de personal calificado más que para la instalación del *hardware* adicional, ya que desde el NMS se podrá descargar hacia todos los nodos y PADs la nueva configuración de la red.

2. FACILIDADES QUE OFRECEN LOS PADs Y NODOS X.25

El CCITT ha especificado un conjunto de opciones que puede ofrecer una red a sus usuarios a través de los PADs y Nodos X.25 de la red. Tales opciones permiten al usuario alterar la manera en la cual la red maneja los paquetes. La recomendación X.2 contiene una lista de estos recursos, nombrados como "Facilidades y Servicios Internacionales de Usuarios dentro de una Red Pública de Datos". Esta lista se divide de cuatro formas: por la Clase de Servicio (recomendación X.1), por Esenciales, por Adicionales, y por la disponibilidad en SVCs (*Switched Virtual Circuits*) y en PVCs (*Permanent Virtual Circuits*).

La recomendación X.1 define las siguientes Clases de Servicios correspondientes a las facilidades utilizadas por X.25:

- Clases 8 a 11: Conexiones de enlaces X.25. Velocidades: 2400, 4800, 9600 y 48000 bps. Transmisión sincrónica. Protocolo X.25 (interfaz X.21 o X.21bis).
- Clases 20 a 22: Conexiones entre un DTE y la red X.25. Velocidades: 50 a 1200bps. Transmisión asincrónica. Protocolo X.28 (interfaces V.21, V.22 y V.23).

Los recursos o facilidades esenciales que deben ser contemplados por toda PSDN son:

- Negociación de control de flujo (tamaños de paquete y de ventana).
- Negociación de clase de *Throughput* (velocidad de transmisión).
- Exclusión de llamadas (*Call Barring*).
- Grupos Cerrados de Usuario.
- Canales lógicos de una vía (*One-Way LC*).

Entre las facilidades adicionales se tiene la selección rápida, la carga reversa, el permiso de carga reversa, la retransmisión de paquetes y la asignación de valores no estándares de tamaños de paquete y ventana de transmisión.

Estas facilidades son asignadas por un período específico de tiempo y serán implementadas automáticamente para cada llamada puesta en la red mediante el paquete de *Call Request* para los SVCs. Existen 14 recursos de este tipo especificados en la recomendación X.2.

Para los PVCs el CCITT establece únicamente las siguientes facilidades:

- Numeración de secuencia de paquetes extendida (módulo 128).
- Tamaños de ventana no estándares.
- Tamaños de paquete no estándares.
- Asignación de clase de *throughput*.

3. PROTOTIPO DE UNA ENTIDAD BANCARIA "TRADICIONAL"

Para el diseño de la red se considerará una entidad bancaria en general, bajo el supuesto de que tal entidad maneja protocolos "tradicionales" (ISO-Asincrónico, SDLC, BSC, Burroughs Poll Select, etc.). Tal entidad desea mejorar el uso de sus recursos en cuanto a enlaces con Agencias y Sucursales.

Actualmente, para la implementación eficiente de cualquier tipo de red, existen varias tecnologías. Entre ellas se puede citar la conmutación de circuitos (TDM y STDM), X.25, Frame Relay, Fast Packet Switching y Cell Relay o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

Las dos primeras tecnologías son fácilmente aplicables sobre enlaces analógicos como los existentes en nuestro medio. Las otras tecnologías necesitan un medio muy confiable de transmisión con grandes anchos de banda. Las entidades que podrían identificarse con una solución X.25 deberían tener las siguientes características:

- Población de terminales geográficamente dispersos.
- Necesidad de conectividad entre todos sus puntos.
- Tráfico ráfaga, interactivo o transaccional.

Las entidades más indicadas para la implementación de una red X.25 son aquellas que realicen uno o varios de los siguientes procedimientos:

1. Aplicaciones de pregunta/respuesta: acceso a bases de datos corporativas, públicas e industriales, sistemas de correo electrónico.
2. Aplicaciones de transferencia electrónica de fondos: cajeros automáticos (ATMs), sistemas de depósitos de roles de pago automatizados, transacciones de tarjetas de débito.
3. Aplicaciones de venta al por mayor y menor: sistemas de aprobación de tarjetas de crédito, transacciones de puntos de venta, aplicaciones de control de inventario.
4. Aplicaciones de ingreso de formas: procesamiento de aplicaciones de préstamos, de reclamos de seguro o de registros médicos.

Bajo el supuesto de que la entidad bancaria posee las características antes mencionadas, se considerará para el diseño de la red X.25, que la entidad cuenta con una Casa Matriz en Quito, Sucursales en Guayaquil, Cuenca, Santo Domingo y Ambato, 14 Agencias en Quito, 7 Agencias en Guayaquil y 2 Agencias en Cuenca. También se supondrá que el Banco maneja terminales financieras y administrativas desde un computador central o *Host* ubicado en la Matriz y que posee cajeros automáticos en todas sus Agencias y Sucursales operando uno o varios de los protocolos "tradicionales" y controlados desde un servidor de cajeros. Finalmente, se considerará que el Banco posee enlaces punto a punto hacia cada una de sus oficinas, tal como lo muestra la figura 3.

4. REQUERIMIENTOS EN GENERAL

Una entidad bancaria que posea las características descritas en el numeral 3, desearía realizar una

migración hacia un protocolo que le permita manejar sus aplicaciones de manera más eficiente. Este protocolo debería permitir transferencias de datos confiables desde y hacia cualquier punto de su red.

Es de especial interés lograr la eliminación del viaje del poleo (propio de los protocolos tradicionales) a través de la red, para aprovechar al máximo el ancho de banda en los enlaces hacia Agencias y Sucursales. Esto se logra mediante el "poleo" local o *spoofing* de estos protocolos en los Nodos y PADs de la red.

Para la interconexión de las oficinas remotas con la Matriz, se deberá tomar en cuenta la calidad de los enlaces existentes (si los hay) para el volumen de tráfico que han de manejar y la confiabilidad requerida. Para los enlaces terrestres analógicos, es deseable contar con una relación señal a ruido superior a los 30 dB, para lograr tasas de error de bit (BER: *Bit Error Rate*) de 10^{-6} . Para enlaces digitales (satelitales, de radio o de terrestres) el mínimo BER debería ser 10^{-7} .

5. ANALISIS DEL TRAFICO PARA EL DISEÑO DE LA RED X.25

Antes de proceder a la asignación u optimización de las velocidades necesarias para cada uno de los enlaces de la red, se debe medir el tráfico existente en las oficinas remotas (Agencias o Sucursales) que requieran conectividad hacia la Matriz. Esta medición debe ser realizada en diferentes días y horas por un periodo de tiempo determinado (por ej. una hora).

En cuanto al tipo de enlaces a ser utilizados para la interconexión de las oficinas remotas con la Matriz, se deberá tomar en cuenta la calidad de los enlaces existentes (si los hay), para el volumen de tráfico que han de manejar y la confiabilidad requerida. Para los enlaces terrestres analógicos, es deseable contar con una relación señal a ruido superior a los 30 dB, para lograr tasas de error de bit (BER: *Bit Error Rate*) de 10^{-6} . Para enlaces digitales (satelitales, de radio o de línea de cobre) el BER mínimo a cumplir sería de 10^{-7} .

En cuanto al tipo de enlaces a ser utilizados para la interconexión de las oficinas remotas con la Matriz, se deberá tomar en cuenta su calidad, para el volumen de



Figura 3. Distribución de Agencias y Sucursales de la entidad bancaria.

tráfico que han de manejar y la confiabilidad requerida. Para los enlaces terrestres analógicos, es deseable contar con una relación señal a ruido superior a los 30 dB, para lograr tasas de error de bit (BER: *Bit Error Rate*) de 10^{-6} . Para enlaces digitales (satelitales, de radio o de línea de cobre) el BER mínimo a cumplir sería de 10^{-7} .

5. ANALISIS DEL TRAFICO PARA EL DISEÑO DE LA RED X.25

Antes de proceder a la asignación u optimización de las velocidades necesarias para cada uno de los enlaces de la red, se debe medir el tráfico existente en las oficinas remotas (Agencias o Sucursales) y que requieran conectividad hacia la Matriz. Esta medición puede ser realizada en diferentes días de la semana (por ej. Lunes, Miércoles y Viernes), a diferentes horas (por ej. 10:00 AM, 12:00 y 5:00 PM) por un tiempo determinado (por ej. 1 hora).

Para obtener la medición del tráfico por Agencia o Sucursal se puede contabilizar el número de mensajes generados por cada dispositivo (ATM, terminales administrativas o de consulta), multiplicar este valor por el tamaño promedio de cada mensaje y dividirlo entre el período de tiempo en el cual se realizó la medición. Luego se calculará un promedio de todas las mediciones realizadas y se podrá obtener el valor en bps (bits por segundo) para cada enlace, utilizando la fórmula 1.

$$\text{Velocidad del enlace} = \text{MPS} * \text{BPM} \quad (1)$$

donde MPS es el número de mensajes por segundo y BPM es el número de bits por mensaje.

Por ejemplo, si para una Agencia A, los mensajes de una determinada aplicación, como una consulta de saldo de cuenta, tienen una longitud de 256 bytes (es decir, $256 \text{ bytes} * 8 \text{ bits/byte} = 2048 \text{ bits}$), y se han realizado 3 mediciones en períodos de 3.800 segundos, obteniéndose 6.960, 5.500 y 4.000 mensajes, entonces el número promedio de mensajes por segundo (MPS) será:

$$\text{MPS} = (6.960 + 5.500 + 4.000) / (3.800 \text{ s})$$

$$\text{MPS} = 4,33 \text{ mensajes/s}$$

y

$$\text{Velocidad (bps)} = 4,33 \text{ mensajes/s} * 2048 \text{ bits/mensaje}$$

$$\text{Velocidad (bps)} = 8.871,07 \text{ bps.}$$

De los valores obtenidos se puede suponer que es suficiente un enlace de 9,8 Kbps entre la Matriz o Sucursal y la Agencia A, no obstante se debe prever una velocidad mayor que permita la integración de aplicaciones futuras, por lo que se podría adoptar para la conectividad de las Agencias con las Sucursales o con la Matriz, enlaces a 28,8 Kbps.

Por facilidad en los cálculos se considerará que en la Matriz y las Sucursales existen 3 aplicaciones similares a la única aplicación presente en todas las Agencias del país. Las Agencias poseerán el tráfico calculado en el párrafo anterior para la Agencia A. Con las consideraciones anteriores, la Sucursal Guayaquil

manejará el tráfico de las 7 Agencias ($7 * 8.871 = 62.097 \text{ bps}$) y de sus 3 aplicaciones ($3 * 8.871 = 26.613 \text{ bps}$), es decir 88.710 Kbps. Esta velocidad total sería requerida para los accesos desde la Sucursal Guayaquil y sus Agencias hacia el Host de la Matriz, por lo que el enlace Quito-Guayaquil debería soportar esta velocidad. Para este enlace existen dos posibles alternativas: la red digital del EMETEL o enlaces de satélite a 128 Kbps (de acuerdo a los servicios n°64 Kbps o fracción E1).

En el caso de las otras Sucursales, el tráfico no excederá los 64 Kbps (3 aplicaciones de 8.871 bps). No obstante, se deberá considerar si la entidad bancaria desea realizar una migración a un ambiente de redes locales, bajo una arquitectura cliente/servidor con aplicaciones de acceso a bases de datos remotas. En este ambiente, para obtener tiempos de respuesta aceptables es necesario contar con un ancho de banda adecuado. Con esta consideración y por razones de importancia y crecimiento, los enlaces de la Matriz con las Sucursales Cuenca, Sto. Domingo y Ambato, deberían operar a una velocidad de 64 Kbps.

Finalmente, la tecnología X.25 permite tener rutas alternativas para que en el caso de una falla en el enlace principal, todo el tráfico sea "reenrutado" por otro camino y no se pierda la información. La red planteada contemplará los siguientes enlaces redundantes: Cuenca-Guayaquil, Guayaquil-Ambato y Sto. Domingo-Guayaquil.

De los párrafos anteriores se puede establecer las velocidades para los enlaces entre Sucursales y Agencias:

Enlace (Kbps)	Velocidad
Quito-Guayaquil	128
Quito-Cuenca	64
Quito-Sto. Domingo	64
Quito-Ambato	64
Guayaquil-Cuenca	64
Guayaquil-Sto. Domingo	64
Guayaquil-Ambato	64
Agencias-Sucursal/Matriz	28,8

6. IDENTIFICACIÓN DE PADs Y NODOS X.25 EN BASE AL TRAFICO DE PAQUETES POR SEGUNDO (pps) INVOLUCRADO

Se partirá de los puntos de mayor concentración del tráfico de datos, para determinar la posición de los nodos principales de la red. En los puntos en los que el tráfico de datos no sea pesado o en su defecto, constituyan puntos de Agencias, se asignará un PAD X.25. Estos PADs servirán para concentrar el tráfico de cada Agencia y entregarlo bajo el formato X.25 a los nodos de la red, para su transporte hacia la computadora central o Host.

Bajo el criterio expuesto en el párrafo anterior, se puede elegir como nodos de la Red X.25, la Matriz Quito, las Sucursales Guayaquil, Cuenca, Sto. Domingo y Ambato. Estos puntos han sido elegidos

como nodos de la red tomando en cuenta además, las siguientes consideraciones:

- Acarrean el mayor tráfico de datos de la red.
- Geográficamente presentan una excelente posición como para disponer de rutas X.25 alternativas en el caso de fallas de uno o más enlaces de la red.
- Son ejes de conexiones desde sitios remotos, lo cual los convierte en puntos de concentración de Agencias.

Para la elección de la ubicación de PADs X.25 es aconsejable guiarse por los siguientes criterios:

- Puntos de la red en los cuales el volumen de datos involucrado no sea crítico.
- Puntos geográficamente dispersos alrededor de algún centro de concentración de datos regional (nodo).
- Manejo de uno o más tipos de protocolos nativos diferentes a X.25.

Este último criterio es de vital importancia para la elección de un PAD X.25 pues, si una Agencia únicamente maneja el protocolo X.25, no será necesario el empaquetamiento y desempaquetamiento de información mediante un dispositivo externo, lo cual es precisamente la función del PAD X.25 (empaquetador/desempaquetador de información).

A continuación se realizará un cálculo de los paquetes por segundo (pps) necesarios en todos los puntos de la red. Se considerará un tamaño de paquete X.25 de 128 bytes.

Para los enlaces de las Agencias con las Sucursales se tendrá un tráfico unidireccional, bajo una condición de máxima utilización del enlace (28,8 Kbps), de 3.600 bytes/s (28.800bps/8(b/byte)). Si se considera un tráfico bidireccional con un 100% de ocupación, cada Agencia tendrá un tráfico de $2 \times 3.600 \text{ bytes/s} = 7.200 \text{ bytes/s}$, lo que traducido a paquetes de longitud 128 bytes es: $7.200(\text{bytes/s})/128 (\text{bytes/paquete}) = 56,25 \text{ pps}$. El cálculo realizado puede ser resumido en la fórmula 2.

$$\text{pps} = \text{Tráfico in} + \text{Tráfico out} \quad (2)$$

donde:

$$\begin{aligned} \text{Tráfico in} &= \text{Ve}/(8 \times \text{p.size}) \times \% \text{utilización in} \\ \text{Tráfico out} &= \text{Ve}/(8 \times \text{p.size}) \times \% \text{utilización out} \end{aligned}$$

siendo **Ve** la velocidad del enlace, **p. size** el tamaño del paquete y **%utilización in/out** los porcentajes de utilización del enlace en el sentido de entrada y salida respectivamente. De acuerdo a los cálculos expuestos, en cada Agencia debería existir un PAD con una capacidad de procesamiento mínimo de 56,25 pps. No obstante, generalmente es la computadora central la que suele transmitir mayor información hacia las aplicaciones de las Agencias y Sucursales, en las cuales únicamente se transmiten pedidos de información hacia el *Host*, por lo que se asumirá un 40% de utilización de salida y un 80% de utilización de entrada desde y hacia la Agencias respectivamente.

De la consideración del párrafo anterior, y aplicando la fórmula 2 se obtiene que cada Agencia necesitará procesar 33,75 pps.

En el nodo de la Sucursal Cuenca se necesitará una capacidad de procesamiento de $2 \times 33,75 \text{ pps} = 67,5 \text{ pps}$ (de las 2 Agencias que posee) más $3 \times 33,75 \text{ pps} = 101,25 \text{ pps}$ (de sus 3 aplicaciones), es decir 168,75 pps, a este valor hay que sumar los pps necesitados para los enlaces hacia Guayaquil y Quito, cada uno a 64 Kbps (75 pps, de acuerdo a la fórmula 2 y los mismos porcentajes de utilización considerados para las Agencias) es decir $2 \times 75 \text{ pps} = 150 \text{ pps}$. De esta forma la capacidad de procesamiento necesitada en el Nodo X.25 de Cuenca será de $168,75 \text{ pps} + 150 \text{ pps} = 318,75 \text{ pps}$.

Los Nodos X.25 de las Sucursales Santo Domingo y Ambato, manejarán $3 \times 33,75 \text{ pps} = 101,25 \text{ pps}$ de sus 3 aplicaciones y 150 pps de los 2 enlaces a 64 Kbps con Quito y Guayaquil, es decir 251,25 pps. El Nodo X.25 de la Sucursal Guayaquil, con 3 aplicaciones ($3 \times 33,75 \text{ pps} = 101,25 \text{ pps}$) y 7 Agencias ($7 \times 33,75 \text{ pps} = 236,25 \text{ pps}$) deberá manejar 337,5 pps, más $3 \times 75 \text{ pps} = 225 \text{ pps}$ de los enlaces a 64 Kbps (fórmula 2) con Cuenca, Sto. Domingo y Ambato y 150 pps del enlace a 128 Kbps con Quito, es decir 712,5 pps.

El Nodo X.25 de Quito deberá procesar los $14 \times 33,75 \text{ pps} = 472,5 \text{ pps}$ de las 14 Agencias, los 150 pps del enlace a 128 Kbps con Guayaquil y los $3 \times 75 \text{ pps} = 225 \text{ pps}$ de los enlaces con Cuenca, Sto. Domingo y Ambato. Adicionalmente, se debe considerar los pps del *Host* y del servidor de cajeros. Suponiendo que estas computadoras están conectados al nodo con enlaces de 128 Kbps cada uno, se tendrá 150 pps por cada computadora (fórmula 2, con porcentajes de utilización similares a los de las Agencias), es decir 300 pps en total. Sumando estos valores, el Nodo X.25 de Quito deberá tener una capacidad de procesamiento de 997,5 pps.

7. ASIGNACIÓN DE ZONAS Y DIRECCIONES X.25 PARA LOS NODOS Y PADs

Una vez identificados los Nodos y PADs de la red, se les debe asignar una dirección numérica, la cual cumplirá las siguientes funciones:

- Identificación única de PADs y Nodos X.25 dentro de una red privada.
- Enrutamiento de llamadas X.28 al interior de los Nodos y PADs X.25.
- Enrutamiento de llamadas desde y hacia la PSDN.
- Identificación única de cada Nodo y PAD de una red dentro de un Sistema de Administración de Redes (Controlador de Red).

El esquema de numeración adoptado deberá permitir un crecimiento futuro de la red X.25. En el momento en que se decida integrar la red privada X.25 con otras redes públicas X.25 será necesario definir tablas de conversión de llamadas con el fin de "trasladar" el formato de direcciones privadas con direcciones públicas equivalentes de acuerdo a la norma X.121.

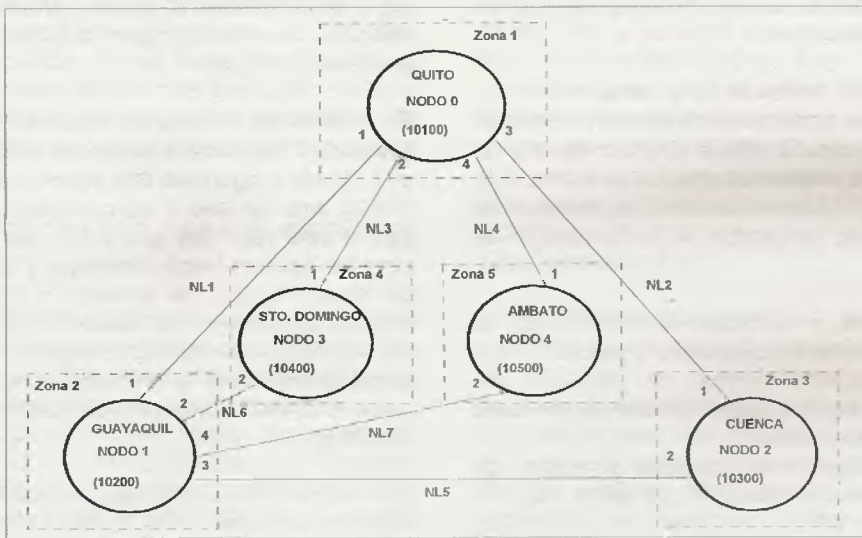


Figura 4. Asignación de zonas y direcciones para los Nodos de la red.

La tabla 1 presenta la asignación de numeración privada para los 5 Nodos X.25 principales de la red X.25 propuesta. La numeración adoptada para estos nodos puede ser tomada de una asignación de áreas o zonas que tienen relación con la posición geográfica de los nodos (ver figura 4). Los dos primeros dígitos (10) indicarán que la porción de la red se encuentra en un mismo país (dejando abierta la posibilidad de creación de Agencias o Sucursales en el exterior). Los tres dígitos siguientes indicarán la zona geográfica a la cual pertenecen los Nodos X.25: 100 para Quito, 200 para Guayaquil, 300 para Cuenca, 400 para Santo Domingo y 500 para Ambato.

Nodo X.25	Dirección X.25
Quito	10100
Guayaquil	10200
Cuenca	10300
Sto. Domingo	10400

Tabla 1. Asignación de direcciones para los nodos de la red.

Para las Agencias, por facilidad de identificación de la zona o región a la que pertenecen, se tomará como dirección la del Nodo X.25 más cercano a tal Agencia y como subdirección dos dígitos que garantizarán el crecimiento de las Agencias en torno a tal Nodo X.25 (hasta 99 Agencias por zona).

De esta forma, los PADs de para las Agencias de la Zona 100 (Quito) tendrán las direcciones 1010001 (Agencia 1), 1010002 (Agencia 2), ..., 10100014 (Agencia 14). La numeración de los PADs de las otras zonas será similar.

8. DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE CANALES LÓGICOS DE LOS NODOS Y PADs

Este es uno de los últimos pasos de diseño y depende del número de dispositivos de cada Agencia y Sucursal, por ejemplo, si en una Agencia se tiene 10 terminales financieros, cada uno de ellos mantendrá

una sesión con el *Host* a través de la red utilizando 10 circuitos virtuales, por lo que el PAD de la Agencia necesitará 10 canales lógicos en su puerto de salida X.25. Es conveniente sobredimensionar el número de canales lógicos necesitados y una vez implementada la red hacer los ajustes necesarios.

9. IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES MULTIPUNTO MEDIANTE MODEMS ANALÓGICOS MULTIPUNTO

Con la finalidad de ahorrar el número de enlaces desde las Agencias hacia las Sucursales o hacia la Matriz, es posible optar por sistemas multipunto que concentren varias Agencias a través de un mismo enlace. Lógicamente, el puerto del Nodo X.25 que esté conectado al modem multipunto deberá poder manejar el protocolo X.25 bajo este ambiente.

Los enlaces multipunto pueden ser realizados utilizando puentes analógicos en el lado de la red telefónica del EMETEL. Estos puentes analógicos combinan varias líneas provenientes de oficinas dispersas geográficamente en una sola línea que alimentará al modem de la Matriz o Sucursal. La figura 5 presenta una implementación similar a la descrita para un grupo de 3 Agencias.

10. IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES MULTIPUNTO MEDIANTE RADIOMODEMS

Esta configuración sería recomendable para concentrar aquellas Agencias del Banco hacia las cuales no exista infraestructura de líneas de cobre del EMETEL o si existe, ésta no presente una calidad aceptable para el tráfico de datos, un buen ejemplo de esta situación podría ser la ciudad de Guayaquil, en sus sectores norte y sur. En esta aplicación el medio de transmisión de los datos es el espacio libre, para lo cual se utiliza una o varias frecuencias de onda de radio y antenas de transmisión, diseñadas para operar en uno de los siguientes rangos (ver figura 6): Onda de superficie o terrestre, onda espacial, onda celeste, onda satelital y onda dispersa.

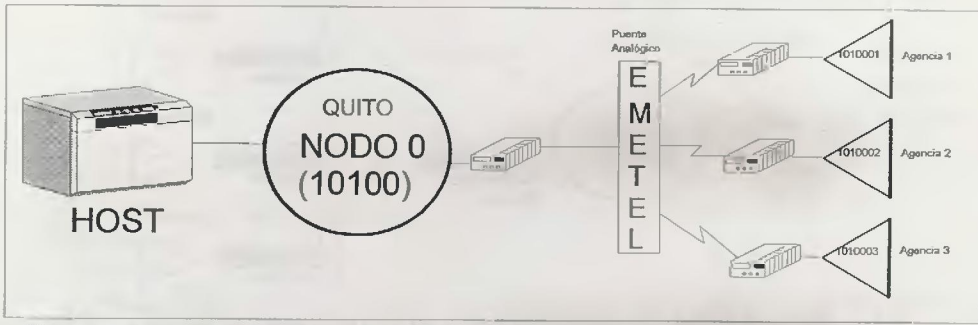


Figura 5. Implementación de un enlace multipunto utilizando modems multipunto.

Los enlaces multipunto pueden ser realizados utilizando puentes analógicos en el lado de la red telefónica del EMETEL. Estos puentes analógicos combinan varias líneas provenientes de oficinas dispersas geográficamente en una sola línea que alimentará al modem de la Matriz o Sucursal. La figura 5 presenta una implementación similar a la descrita para un grupo de 3 Agencias.

10. IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES MULTIPUNTO MEDIANTE RADIOMODEMS

Esta configuración sería recomendable para concentrar aquellas Agencias del Banco hacia las cuales no exista infraestructura de líneas de cobre del EMETEL o si existe, ésta no presente una calidad aceptable para el tráfico de datos, un buen ejemplo de esta situación podría ser la ciudad de Guayaquil, en sus sectores norte y sur. En esta aplicación el medio de transmisión de los datos es el espacio libre, para lo cual se utiliza una o varias frecuencias de onda de radio y antenas de transmisión, diseñadas para operar en uno de los siguientes rangos (ver figura 6): Onda de superficie o terrestre, onda espacial, onda celeste, onda satelital y onda dispersa.

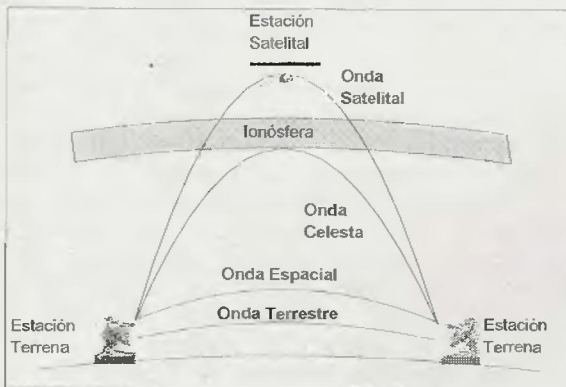


Figura 6. Ondas de transmisión de radio disponibles para transmisión de datos.

El puerto del nodo X.25 conectado al radio multipunto "maestro" deberá contener las direcciones de todos los PADs de las Agencias a ser multipunteadas. En cada Agencia del multipunto se ubicará un radio "esclavo" con una antena direccional orientada hacia la antena de la Matriz o Sucursal donde se ubique el equipo maestro. La figura 7 presenta esta configuración de radio multipunto bajo el supuesto de que exista línea de vista entre las Agencias y la Matriz o Sucursal.

Debido a los retardos causados por el procedimiento de "poleo", es recomendable, si se trabaja en ambientes cliente/servidor con acceso remoto a bases de datos, utilizar enlaces multipunto de velocidades superiores a 19,2 Kbps (por ej. 64 Kbps).

Para alcanzar una comunicación confiable, el enlace de radio debe conservar un nivel promedio de la señal recibida lo suficientemente alto como para proteger dicho enlace contra fluctuaciones en la potencia de la señal causadas por condiciones anómalas del mismo. El margen de desvanecimiento (Md) es una medida de cuanta atenuación adicional de la señal puede soportar el sistema sin disminuir la tasa de errores BER (Bit Error Rate) definida en el mismo. En la mayoría de situaciones, un margen de 15 dB es más que suficiente.

$$Md = Gsg + Gant - Lcl - Lpl \tag{3}$$

La fórmula 3 permite encontrar el margen de desvanecimiento expresado en dB, donde Gsg es la ganancia total del sistema (expresada en dB), Gant es la ganancia total de ambas antenas (expresada en dBi), Lcl es la pérdida total en conectores y cables (medida en dB), y Lpl es la pérdida del espacio libre (medida en dB).

11. IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES SATELITALES

Una estación de satélite puede ser imaginada como un repetidor gigante de señales de microondas en el espacio. Esta estación satelital posee uno o más *transponders* los cuales "escuchan" una porción del espectro de frecuencia en busca de información proveniente de una estación terrena, amplifican la señal que reciben y la difunden en otra frecuencia con destino generalmente a una o varias estaciones terrenas. El ancho de cobertura de los *transponders* puede ser tan grande como para cubrir una porción significativa de la tierra o cubrir un área de cientos de kilómetros en forma diametral.

Actualmente se trabaja con varias bandas de frecuencia para el transporte de señales por satélite. La primera entre 3,7 a 4,2 GHz para la recepción de datos (desde el satélite hacia la estación terrena) y la segunda entre 5,925 y 6,425 GHz para la transmisión de datos (desde la estación terrena hacia el satélite), la unión de estas frecuencias de transmisión y recepción es referida como banda 4/6 GHz o banda C.

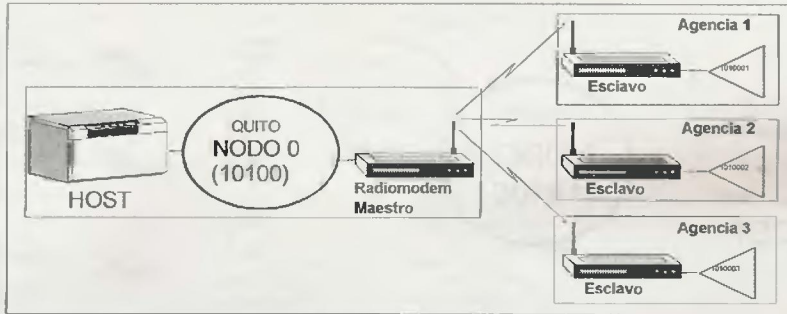


Figura 7. Implementación de un enlace de radio multipunto entre la Matriz y 3 Agencias.

Otras bandas utilizadas son las bandas 12/14 GHz o banda Ku (transmisión entre 14,0 y 14,5 GHz y recepción entre 11,7 y 12,2) y 20/30 o banda K, las cuales involucran costos mayores pues a estas frecuencias los factores climatológicos tales como la lluvia (la cual es un excelente receptor de microondas cortas) obligan a tener redundancia en las estaciones terrenas.

Una estación satelital típica divide su ancho de banda de 500 MHz en una docena de *transponders* cada uno de los cuales maneja un ancho de banda de 36 MHz. Actualmente, cada estación satelital maneja varias antenas y *transponders*, de tal forma que cada antena puede enfocar una zona geográfica reducida, con lo cual un mismo satélite puede manejar múltiples transmisiones bidireccionales simultáneamente.

El EMETEL, y otras empresas privadas ofrecen varios tipos de servicio satelital utilizando las facilidades satelitales de INTELSAT (satélites IS513, IS603, IS605) y de PANAMSAT (satélites PAS1 y PAS2). En cualquiera de los dos casos los servicios más comunes son los sistemas **SCPC** (*Single Channel per Carrier*) y los sistemas **VSAT**.

El sistema VSAT (Terminal de apertura muy pequeña) ofrece un bajo costo y flexibilidad. Las estaciones terrenas son pequeñas y utilizan platos de antena de tamaño reducido. Este sistema puede ser configurado para transmisiones unidireccionales o bidireccionales a velocidades típicas entre 9600 bps y 120 Kbps.

El servicio VSAT presenta especial atractivo para lugares con difícil acceso ya sea por inexistencia de líneas telefónicas o por una geografía que encarezca una solución de radiomodems. De igual manera, al ofrecer anchos de banda mayores a los disponibles actualmente a nivel público, y con una alta tasa de BER (mayor o igual a $10E-6$), favorece la integración de otro tipo de información además de datos (por ej. tráfico de voz).

Las posibles configuraciones para enlaces satelitales utilizando el servicio VSAT son punto a punto, multipunto y *Broadcast*. La figura 8 esquematiza una configuración típica para enlaces VSAT entre una estación maestra o *Hub* y varias microestaciones terrenas. Una red típica como la de la figura 8 puede

utilizar un solo canal de salida y múltiples canales de entrada. Las microestaciones terrenas (MES) son agrupadas y se les asigna canales de entrada de acuerdo con su volumen de tráfico y una de las técnicas de acceso a los canales TDMA de entrada.

La microestación terrena (MES) VSAT es un nodo de comunicaciones que opera como parte de una red con una facilidad de *Hub* central. Todas las comunicaciones desde y hacia la MES son establecidas a través de canales satelitales utilizando una porción del *transponder* satelital. La MES utiliza un canal satelital para recibir todos los datos provenientes del *Hub*. Este canal recibe el nombre de canal TDM o de salida. Para transmitir datos hacia el *Hub*, la MES utiliza canales diferentes, denominados canales TDMA o de entrada. Estos canales son distinguidos unos de otros por su radio frecuencia y por ocupar anchos de banda diferentes en el *transponder* del satélite. El *Hub* central realiza la multiplexación de paquetes y la multiplexación TDM de los datos basándose en el subagrupamiento físico de las VSATs.

Existe otro tipo de microestaciones terrenas de mayor capacidad que, al igual que las mencionadas en los párrafos anteriores, comparten el mismo canal de salida común TDM, pero utilizan un canal completamente separado denominado Canal Único Por Portadora (SCPC, *Single Channel Per Carrier*) para su comunicaciones de entrada. En este sistema cada portadora es modulada por un solo canal y la asignación de canales en el *transponder* del satélite a las estaciones puede ser fija o variable. En el primer caso, denominado sistema de asignación previa, cada intervalo de canal del *transponder* está reservado al uso exclusivo de una estación determinada. En el segundo caso, denominado de asignación por demanda (DAMA), los intervalos del canal del *transponder* se asignan en distintos momentos a diferentes estaciones terrenas de acuerdo con sus necesidades instantáneas.

Para el caso de la red X.25 propuesta para una entidad bancaria, el servicio satelital podría ser implementado como un *backbone* de red para dar mayor confiabilidad en los enlaces entre los nodos X.25 de la Matriz y las Sucursales, manteniéndose las rutas redundantes mediante líneas de cobre analógicas o digitales.

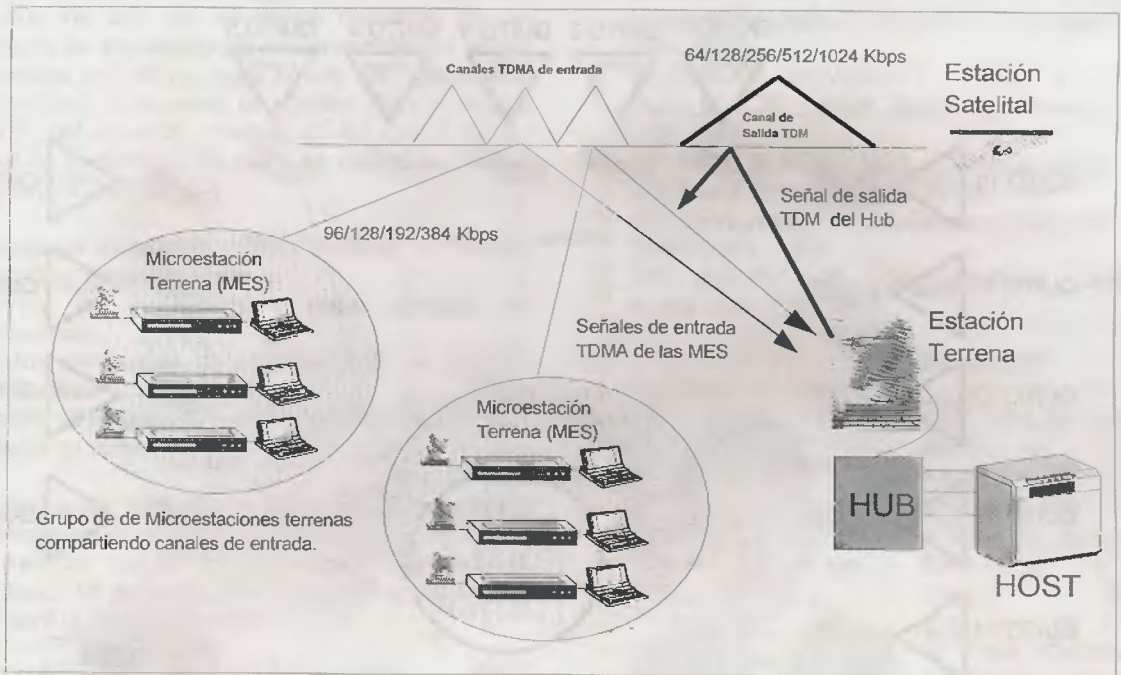


Figura 8. Configuración típica para enlaces VSAT.

12. ESTRUCTURA GLOBAL DE LA RED

Bajo las consideraciones de los puntos anteriores, se recomienda la implementación de una red semejante a la expuesta en la figura 9, con enlaces satelitales entre la Matriz Quito y la Sucursal Guayaquil a 128 Kbps y entre Quito y las Sucursales Cuenca, Sto. Domingo y Ambato a 64 Kbps. Enlaces con líneas dedicadas (con modems que manejen compresión de datos sincrónicos a 64 Kbps y *dial-backup*) para las conexiones de rutas alternativas entre la Sucursal Guayaquil y las Sucursales Cuenca, Sto. Domingo y Ambato.

Los enlaces entre las Agencias de Quito y Cuenca con los respectivos Nodos X.25 deberían ser realizados con modems V.34 (28 Kbps) con capacidades de *dial-backup*. Para las Agencias de Guayaquil, por razones de confiabilidad, se podría implementar un par de enlaces multipunto, el uno de 4 Agencias y el otro de 3 (7 Agencias en total) con o sin repetidora, dependiendo de la ubicación de la Sucursal y de las Agencias. Adicionalmente, es necesario contar con un sistema de administración de red (NMS) que opere bajo ambientes SNMP (*Simple Network Management Protocol*) y con los agentes SNMP (*MIBs*) en cada uno de los equipos de la red con el fin de centralizar el control de la red.

13. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

El índice beneficio/costo es utilizado para evaluar la rentabilidad de una inversión y se calcula como:

$$B/C = \frac{\sum \text{beneficios}}{\sum \text{costos}} \quad (4)$$

Este índice deberá tomar en cuenta el tiempo de vida útil del proyecto, es decir el tiempo en el que los

equipos de comunicaciones adquiridos se hayan depreciado totalmente, esto es 6 años. Existen dos clases de beneficios que la entidad bancaria percibirá por la renovación de su estructura de comunicaciones: los intangibles o no cuantificables y los tangibles o cuantificables. Entre los principales beneficios que el Banco percibirá gracias a su nueva red de comunicaciones se puede citar los siguientes:

1. Imagen renovada del Banco.- Al mejorar la infraestructura de comunicaciones, los procedimientos de atención al público se mejorarán substancialmente, las colas de espera circularán con mayor agilidad (los cajeros que atienden en ventanilla obtendrán datos del *Host* de forma más rápida) por lo que el cliente estará más satisfecho y producirá un mayor número de transacciones, lo cual redundará en el aumento del capital disponible en el Banco.
2. Número de personal técnico adecuado.- Gracias al control centralizado de la red, no será necesario un número elevado de técnicos para dar servicio preventivo o correctivo a toda la red.
3. Tarificación del uso de la infraestructura de telecomunicaciones del Banco.- Al contar con un sistema de administración de la red, se podrá establecer el número de paquetes por segundo desde y hacia determinada Agencia o Sucursal, lo cual permitirá compartir los gastos de operación mediante el establecimiento de una política de tarificación a Agencias y Sucursales con esta filosofía.
4. Tarificación a terceros por uso de la infraestructura de comunicaciones.- El Banco podría ofrecer los servicios de su red privada e implantar una política de tarificación a terceros en base al número de paquetes por segundo que introduzcan a la red.

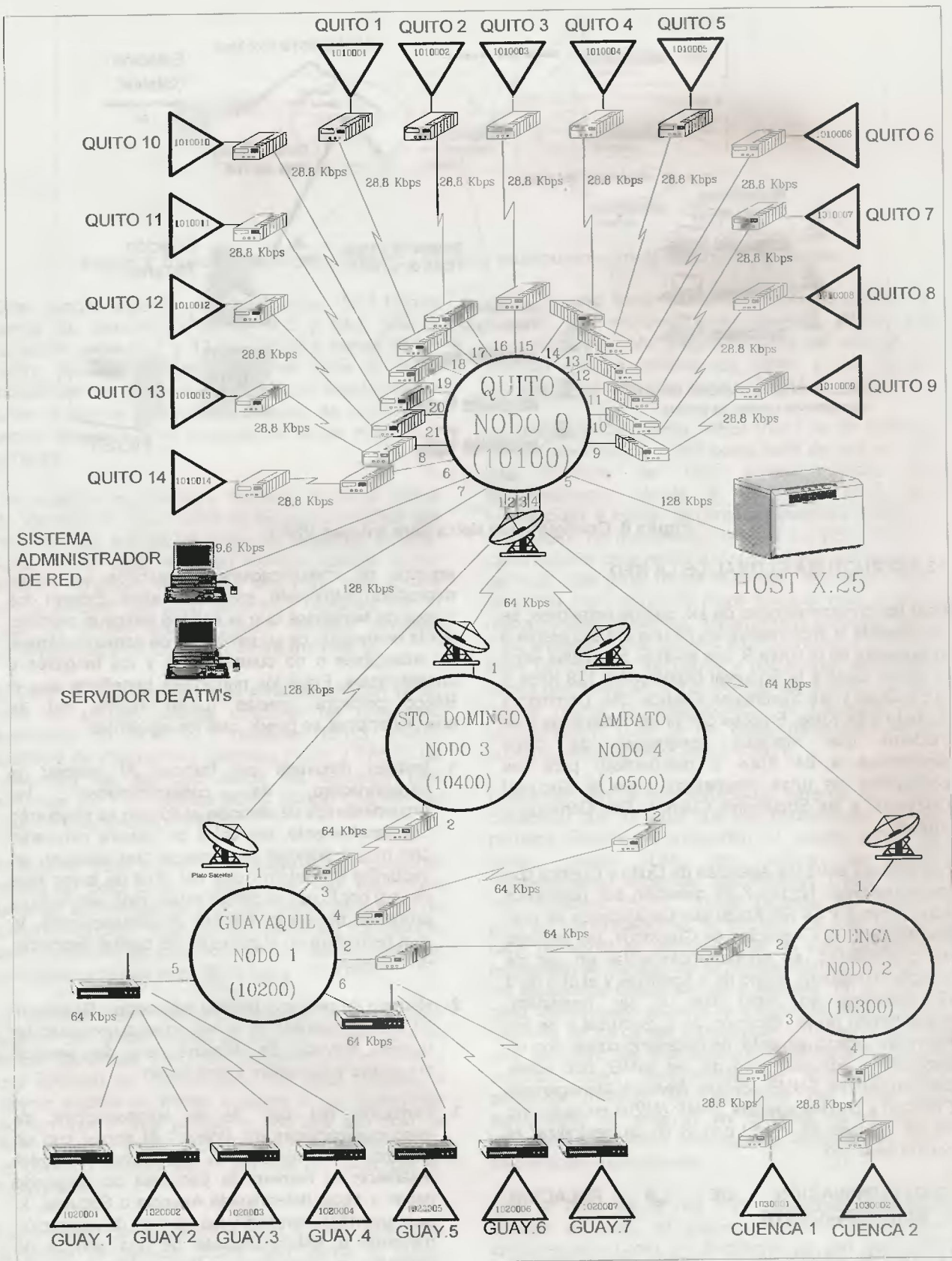


FIGURA 9. Estructura Global de la Red X.25 para la entidad bancaria.

En cuanto a los beneficios tangibles, el más importante tiene que ver con los beneficios causados por un incremento de transacciones en las cuentas de ahorro y corrientes del Banco, que podría ser interpretado también como un aumento de clientes. Para el cálculo del costo del proyecto, además de los costos de los equipos de transmisión de datos se deberá establecer los siguientes costos:

- Costos de inscripción y renta mensual de enlaces de cobre (líneas dedicadas).
- Costos de inscripción y renta mensual de frecuencias.
- Costos mensuales de arrendamiento de enlaces satelitales.
- Costos de instalación y mantenimiento de la red.
- Costos de software.

Establecidos los beneficios y los costos del proyecto, se deberá calcular el índice beneficio con la fórmula 4, y de resultar mayor a 1 quedaría asegurada la rentabilidad del proyecto. Mientras mayor sea el índice, mayor será la rentabilidad del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La red propuesta es aplicable a cualquier institución con características y requerimientos similares a los planteados en este trabajo.
2. Bajo la misma red propuesta es posible integrar tráfico de voz mediante multiplexores TDM o con "paquetizadores" de voz.
3. Todos los equipos de la red X.25 deberán poder manejar actualizaciones por software, con el fin de facilitar la inclusión de nuevas características. Entre estas características está la migración hacia otro tipo de tecnologías como por ejemplo, Frame Relay, Fast Packet y Cell Relay.
4. En el caso de una migración hacia otro tipo de tecnologías, la topología de la red planteada no sufrirá mayores cambios, ya que en las tecnologías de punta se contemplan las mismas características de redundancia, reenrutamiento de llamadas y direccionamientos que en X.25.
5. Gracias al sistema de administración de red propuesto, la institución bancaria podrá centralizar el control de todas las operaciones de la red tales como monitoreo, pruebas, actualizaciones de software, reconfiguraciones, etc.
6. Para la implementación de la red propuesta será necesaria la determinación del índice beneficio/costo para establecer la rentabilidad del proyecto.
7. La tecnología X.25 es muy recomendable para nuestro medio, en el cual los enlaces carecen de la confiabilidad necesitada por aplicaciones transaccionales, tipo batch y en tiempo real.

BIBLIOGRAFIA

1. MOTOROLA UNIVERSITY PRESS, The Basics Book of Information Networking, Massachusetts-USA, 1992.
2. HEWLETT PACKARD, X.25: The PSN Connection, An explanation of recommendation X.25, Francia, 1985.

3. UYLESS BLACK, The X Series Recommendations, Protocols for Data Communications Networks, N.Y.-USA, 1991,
4. MOTOROLA UNIVERSITY PRESS, The Basics Book of X.25 Packet Switching, Massachusetts-USA, 1992.
5. UYLESS BLACK, Data Communications and Distributed Networks, New Jersey, 1987.
6. ANDREW TANENBAUM, Computer Networks, New Jersey-USA, 1988.
7. IBM, AIX/V3 X.25 Communications Cookbook, Austin-USA, 1991.

BIOGRAFIA



DEL SALTO PABLO, Nació en Quito, Ecuador, el 21 de febrero de 1967. Obtuvo el título de Bachiller en Electrónica en el Colegio Técnico Salesiano de Cuenca en 1985. Culminó sus estudios superiores en la Facultad de Ingeniería Eléctrica,

especialización Electrónica y Telecomunicaciones de la Escuela Politécnica Nacional en 1991. Actualmente desarrolla el presente tema como Tesis de Grado. Desde 1991 hasta la fecha trabaja en UNIPLEX S.A., ocupando este momento el cargo de Gerente de Cuenta. Ha diseñado e implementado redes X.25, TCP/IP y Frame Relay a nivel nacional en el Banco de la Producción, Banco Popular, Banco de Préstamos, Citibank y Banco de Crédito. Es miembro del Product Engineering Support Team de Motorola ISG y ha tomado varios cursos de especialización en productos y tecnologías de punta en Motorola (Boston-USA).



HIDAGO, PABLO. Nació en Ambato, Ecuador, el 20 de Septiembre de 1959. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional (1985). Becado por el Gobierno Alemán y auspiciado por la E.P.N. realizó estudios de postgrado en Telecomunicaciones

en el Deutsche Bundespost (1990). Desde 1983 hasta la fecha trabaja en el área de Telecomunicaciones de la E.P.N.. Actualmente realiza la Administración del nuevo sistema Telefónico de la Institución. Adicionalmente es miembro del grupo de Microelectrónica de la E.P.N. Sus principales áreas de interés son: Comunicación Digital, Telemática, Telefonía, Microelectrónica y Transmisión de datos en H.F.