

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



CALIDAD DE SERVICIO PARA COMUNICACIONES IP APLICADO A
UNA CADENA DE VENTA DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:
JOSÉ HERNÁN GÓMEZ PADILLA

PROMOCIÓN
2002-II

LIMA-PERÚ
2013

**CALIDAD DE SERVICIO PARA COMUNICACIONES IP APLICADO A UNA CADENA
DE VENTA DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS**

A mis padres José y Zulema
quienes fueron sostén y guía de mi
vida.

A mi hijo Ivo, quien es la inspiración
para el futuro.

Al Ing. Percy Fernández Pilco, un
maestro, QEPD

SUMARIO

En el presente trabajo se presenta un análisis de la infraestructura física y lógica de la red IP de una cadena de boticas, orientándose a la implementación de la capacidad de transportar tráfico de voz, sin perder el rendimiento de la red original aplicando técnicas de calidad de servicio. Esta red se utiliza actualmente para consultas sobre los productos como precios, disponibilidad, presentación y descuentos.

La calidad de servicio permite la priorización del transporte del tráfico sensible, es decir susceptible a los retardos y pérdidas de paquetes como la voz, asignándole una mayor preferencia respecto a otros datos que comparten la misma infraestructura, permitiendo garantizar un adecuado funcionamiento para las diferentes aplicaciones. El uso de calidad de servicio puede permitir la implementación de tráfico de voz sin la necesidad de contratar al proveedor de servicios mayor velocidad de la que ya se tiene contratada, lográndose así una mayor eficiencia en el uso de la capacidad que ya se encuentra disponible.

El dimensionamiento se desarrolla a partir de los requerimientos de ancho de banda para el transporte de la voz y para el transporte los datos, para lo cual se desarrolla un análisis considerando el uso de la red en su máxima capacidad. En estas condiciones deberían realizarse las consultas sobre los productos de venta, y las comunicaciones de voz, sin problemas

Complementariamente se muestran las configuraciones de cada uno de los dispositivos empleados en la implementación de la red convergente, así como el presupuesto necesario para su desarrollo.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1 Descripción del problema | 3 |
| 1.2 Objetivos del Trabajo..... | 3 |
| 1.3 Evaluación del problema | 3 |
| 1.4 Alcance del trabajo..... | 5 |
| 1.5 Síntesis del trabajo | 6 |
| CAPÍTULO II | |
| MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Aspectos relacionados a la Calidad de Servicio..... | 7 |
| 2.1.1 Calidad de servicio | 7 |
| 2.1.2 Redes convergentes y no convergentes..... | 8 |
| 2.1.3 Factores a considerar para la implementación de Calidad de Servicio (QoS)..... | 9 |
| 2.2 Redes de datos | 14 |
| 2.2.1 Red de Área Local..... | 14 |
| 2.2.2 Red de Área Amplia | 15 |
| 2.2.3 Redes LAN Virtuales | 16 |
| 2.2.4 Red de Telefonía Pública Conmutada..... | 16 |
| 2.3 Protocolos de redes de datos | 17 |
| 2.3.1 El protocolo de Internet (IP: Internet Protocol)..... | 18 |
| 2.3.2 Protocolo de Control de Transmisión (TCP: Transmission Control Protocol)..... | 18 |
| 2.3.3 Protocolos de Voz sobre IP (VoIP) | 19 |
| 2.3.4 Protocolo de Transporte en tiempo real (RTP) | 20 |
| 2.4 Mecanismos para la implementación de calidad de servicio..... | 20 |
| 2.4.1 Clasificación y marcado de los paquetes..... | 20 |
| 2.4.2 Colas | 24 |
| 2.4.3 Conformación del tráfico..... | 29 |
| 2.4.4 Fragmentación y entremezclado..... | 31 |
| 2.5 Mecanismos para evaluar la calidad de las llamadas | 32 |
| 2.5.1 Calificación Media de Opinión (MOS)..... | 32 |
| 2.5.2 Medición perceptiva de la calidad del habla (PSQM)..... | 33 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.5.3 | Evaluación Perceptiva de la calidad del habla (PESQ)..... | 33 |
| 2.5.4 | Modelo-E..... | 34 |
| 2.5.5 | Factor de degradación calculado para la planificación (ICPIF) | 35 |
| 2.6 | Codecs | 36 |
| CAPÍTULO III | | |
| METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA | | |
| 3.1 | Análisis situacional | 39 |
| 3.1.1 | Situación y requerimientos de la infraestructura de datos..... | 39 |
| 3.1.2 | Situación y requerimientos de la red de voz | 41 |
| 3.2 | Alternativas de solución..... | 43 |
| 3.2.1 | Implementación de un teléfono fijo en cada sucursal..... | 43 |
| 3.2.2 | Cambio de operador móvil..... | 43 |
| 3.2.3 | Opciones de Implementación de telefonía VoIP | 44 |
| 3.3 | Selección de la opción de telefonía IP más adecuada..... | 45 |
| 3.4 | Desarrollo de la solución | 48 |
| 3.4.1 | Tráfico requerido para una llamada de voz..... | 49 |
| 3.4.2 | Tráfico requerido para el tráfico de datos..... | 49 |
| 3.4.3 | Distribución del tráfico de voz y datos..... | 52 |
| 3.4.4 | Limitaciones de la propuesta | 53 |
| 3.4.5 | Dimensionamiento..... | 53 |
| 3.4.6 | Clasificación y Marcado..... | 53 |
| 3.4.7 | Implementación y costos | 54 |
| 3.5 | Pruebas de calidad | 57 |
| 3.5.1 | Pruebas de calidad utilizando el modelo ITU G.113 | 57 |
| 3.5.2 | Pruebas de calidad utilizando el Modelo E | 61 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | |
| 63 | | |
| ANEXO A | | |
| DIRECCIONAMIENTO IP DE LA EMPRESA | | |
| 65 | | |
| ANEXO B | | |
| CONFIGURACIÓN PREVIA A LA SOLUCIÓN | | |
| 67 | | |
| ANEXO C | | |
| CONFIGURACIÓN DE CEM | | |
| 70 | | |
| ANEXO D | | |
| PARAMETROS POR DEFECTO PARA EL MODELO-E | | |
| 76 | | |
| ANEXO E | | |
| CODIGO EN MATLAB PARA LA ESTIMACION DE LA CALIDAD DE LLAMADAS..... | | |
| 78 | | |
| ANEXO F | | |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS | | |
| 81 | | |

BIBLIOGRAFÍA84

INTRODUCCIÓN

El trabajo surge por la necesidad de una cadena de venta de productos farmacéuticos de mejorar la calidad de comunicación en su red de voz a un costo razonable, para lo cual se analizan tres alternativas procediéndose luego a describir la implementación de la alternativa seleccionada. Las alternativas analizadas son la implementación de un teléfono fijo en cada sucursal, el cambio de operador móvil, o la implementación de telefonía VoIP., Siendo el uso de telefonía IP el seleccionado debido a que ofrece el mejor compromiso entre calidad y costo con respecto a las otras opciones.

Dada que la propuesta de solución es la implementación de telefonía VoIP por resultar más adecuada acorde con las necesidades de la empresa. Se analizan cuatro posibles mecanismos para lograr la Telefonía VoIP:

- Con IP PBX propietaria.
- Con un Servidor Asterisk.
- Con un IP PBX con Asterisk incluido.
- Con CME (Call Manager Express) de Cisco.

Luego del respectivo análisis se concluye que la solución debe ser implementada mediante el Call Manager Express, teniendo como única limitación que no soporta el protocolo abierto SIP (Session Initiation Protocol) para el establecimiento de las llamadas, lo cual se soluciona utilizando teléfonos IP que soporten el protocolo SCCP (Skinny Client Control Protocol).

Para el desarrollo del informe de suficiencia se han consultado diversas fuentes bibliográficas, entre ellas los RFC, recomendaciones ITU G, especificaciones de Codecs, documentación especializada de VoIP y de Calidad de Servicio, documentación técnica de equipamiento, información de OSIPTEL así como de los proveedores de telefonía. Y proveedores de servicio.

El trabajo está organizado de la siguiente manera:

- Capítulo I "Planteamiento del problema".- El cual incluye la descripción del problema o necesidad actual de una cadena de venta de productos farmacéuticos. Se precisan los objetivos y se hace una evaluación de la problemática. Finalmente se exponen los alcances del proyecto y una síntesis del mismo.
- Capítulo II "Marco teórico conceptual".- El cual abarca el contenido teórico necesario para realizar la solución de manera clara y precisa abordándose temas como calidad de

servicio, colas, clasificación, priorización, requisitos para las comunicaciones de voz

- Capítulo III "Metodología para la solución del problema".- En este capítulo se realiza el planteamiento y desarrollo de la solución. Primeramente se hace el análisis situacional para luego plantear las alternativas de solución y hacer la selección óptima de telefonía IP más adecuada. Finalmente se expone el desarrollo de la solución, el cual incluye: el análisis del tráfico requerido para una llamada de voz, del tráfico requerido para el tráfico de datos, de la distribución del tráfico de voz y datos, las limitaciones de la propuesta, el dimensionamiento de las colas, la clasificación y marcado, la Implementación y costos, y finalmente las pruebas de calidad de servicio.

El informe se complementa con el esquema de direccionamiento actual de la empresa(Anexo A), la plantilla de configuración previa a la solución (Anexo B), la plantilla de configuración del CME (Anexo C) y el código en Matlab utilizado para realizar los cálculos de la calidad de Servicio (Anexo E).

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente capítulo incluye la descripción del problema o necesidad actual de una cadena de venta de productos farmacéuticos. Se precisan los objetivos y se hace una evaluación de la problemática. Finalmente se exponen los alcances del proyecto y se hace una síntesis del trabajo.

1.1 Descripción del problema

Necesidad de una cadena de venta de productos farmacéuticos de contar con un servicio de voz sobre IP en su red existente.

La red había sido diseñada y dimensionada para el intercambio de datos relacionados al proceso de venta, es decir el acceso a la información contable, pedidos, abastecimiento, etc. Sin embargo cuando se desea realizar la coordinación de los procesos propios de la empresa, se requiere comunicarse de manera oral, por lo que se considera la implementación de una red de voz IP sobre la red ya existente. Debiendo esta tener un servicio optima, sin afectar al tráfico que se tenía antes de implementar voz.

La Red de voz que se utiliza podría tener una mejor calidad, hay cortes, vacios durante una conversación, una voz bastante distorsionada por el uso de los equipos celulares en las comunicaciones.

1.2 Objetivos del Trabajo

Brindar calidad de servicio para comunicaciones de voz y datos IP a una cadena de venta de productos farmacéuticos. Esto implica:

- Proporcionar óptima calidad audible de las llamadas IP.
- Utilizar una sola red para el transporte de la voz y los datos.
- Cambiar el modo de comunicación para la voz de half duplex, en un sistema de radio, a un modo full dúplex, utilizando la red telefónica, celular, o VoIP
- Reducir los costos asociados a la utilización de la red de voz y la de datos.- El uso de VoIP reduce los costos de llamadas a comparación de otro medios (celular, Nextel, telefonía fija)

1.3 Evaluación del problema

Muchas empresas que se dedican al rubro de las ventas a mediana y gran escala requieren que todos los datos utilizados durante un proceso de ventas se encuentren al

alcance del vendedor: precio del producto, cantidad de producto en espera de ser vendido, costo del producto, descuentos, promociones, margen de ganancia, etc.

Estos datos son variables, estos se van modificando de acuerdo a los productos vendidos, variabilidad del mercado, la llegada de nuevos productos de reemplazo, impuestos, por lo que se requiere que todas estas variables estén presentes de manera ininterrumpida para realizar el cálculo del producto a ofrecer al usuario luego de cada consulta, el cual debe tener el mismo precio, calidad y características que lo que se ofrece en cualquier otra sucursal de la misma empresa.

La empresa utiliza como plataforma para el transporte de sus datos una red IP, la cual se implementa mediante la tecnología Metro Ethernet con una tasa de transmisión de 300Kbps de 1:1 (100% garantizado) en cada una de las 12 sucursales y 3.6Mbps de 1:1 para la sede central, en donde se encuentra el servidor y la base de datos. Para el transporte de la voz, se utiliza un sistema de radio ilimitado con tarifa plana.

Estos 300Kbps son provistos mediante un enlace utilizando la tecnología Ethernet y enlaces de radio, por lo que, para regular la tasa de datos contratada, el proveedor está utilizando técnicas de calidad de servicio, es decir, los enlaces que llegan al usuario son hasta 100Mbps, pero la empresa limita la transmisión a 300Kbps. la cual es la tasa suscrita. Esto significa que, si en las condiciones actuales se implementa telefonía IP, tanto la voz como los datos van a competir por los 300kbps, descartándose todo el tráfico que supere esta capacidad. Siendo el tráfico de voz sensible al retardo y pérdida, las llamadas estarían escuchándose entrecortadas o en su defecto no se podrían realizar.

Por ello es necesario que se aplique técnicas de calidad de servicio, modificando el uso de las colas utilizadas actualmente a una distribución que permita la priorización de la voz, es decir de ser una cola compartida para el envío de la voz y datos, se utilice dos a mas colas, en donde se garantice la prioridad de la voz, y los datos tengan la capacidad de usar los restante. Además, durante los momentos donde no hay llamadas, los datos deberían poder hacer uso de toda la capacidad disponible; para lograr este fin se deberá aplicar mecanismos de QoS. avanzados.

El servicio ofrecido por el proveedor de telecomunicaciones tiene un acuerdo de nivel de servicio de 99.95% como servicio disponible, con una latencia para conexiones vía fibra óptica de 10ms y vía inalámbrica de 30ms como máximo, lo cual ha permitido que el acceso a la base de datos, por parte de los terminales de venta, sean los adecuados. Sin embargo para las conversaciones vía radio, la calidad no es siempre la más adecuada, no es muy clara, la persona que se comunica debe estar acostumbrada a entender una voz muy distorsionada, lo cual es propio de las redes celulares debido a su adecuación para optimizar el uso del espectro electromagnético, además de que una llamada vía

radio, solo uno pueda utilizar el canal de voz al mismo tiempo, presionando un botón, o protocolos propios de una conversación, extendiendo el tiempo de la conversación y haciéndola ineficiente.

Por lo expuesto existe la necesidad de brindar una solución alternativa al sistema que se utilizaba, incluyendo en la solución una mejor calidad, una comunicación en full duplex y reducción de costos, justificándose así el proyecto.

En los últimos años la tendencia hacia el uso de una sola infraestructura de red ha crecido gracias al desarrollo de nuevos mecanismos para el transporte de la voz sobre las redes conmutadas por paquetes diseñadas para el transporte de los datos. Con ello se puede lograr una administración centralizada de toda la red y la reducción de costos de implementación de la infraestructura total, utilizándose mejor los recursos como la capacidad de transporte de las redes de datos y la capacidad de procesamiento.

La voz y el video en estas redes a las cuales se denominarán redes convergentes, se transportan como si fuera tan solo un servicio de la capa de aplicación del modelo TCP/IP, utilizando los paquetes IP para lograr llevar el contenido de lo que se desea transmitir desde un dispositivo de comunicación hacia otro dispositivo, como una cámara o un teléfono IP.

En este tipo de redes, las aplicaciones, compiten por el uso de la capacidad disponible para el transporte de sus datos, por lo que se debe utilizar diferentes mecanismos para garantizar la funcionalidad y calidad de cada aplicación. Los paquetes de datos, pueden transportarse con cierto retardo, pérdidas de los mismos y retransmisiones, ya que el usuario final no es capaz de percibir una diferencia si la aplicación se realiza decimas de segundo posterior al tiempo que se debió haber realizado, sin embargo cuando se envían paquetes de voz, no se toleran los retardos extensos, pérdida de paquetes elevadas, sesgo de retardo muy diferenciado entre ellos; Por lo que se debe garantizar el transporte de los paquetes de voz, minimizando las pérdidas, el retardo y sesgo de retardo entre los paquetes..

1.4 Alcance del trabajo

El presente trabajo está orientado a la utilización eficiente de recursos, a un costo reducido, para la infraestructura de red de la cadena de boticas, para lo cual se plantea:

- Escoger el códec adecuado a la calidad y al ancho de banda disponible.
- Definir los mecanismos de clasificación y marcado de paquetes para su posterior priorización.
- Establecer el tipo de cola a ser utilizada en el router.
- Definir las políticas de priorización, y regulación de la capacidad de transmisión de la interfaz conectada hacia el proveedor.

El trabajo desarrollado constituye una guía para las personas que se encuentren desarrollando proyectos de investigación y aplicación, relacionados a las redes convergentes y a la aplicación de políticas de calidad de servicios en redes IP.

1.5 Síntesis del trabajo

El trabajo elaborado, muestra los principios básicos de funcionamiento de una red en donde se transporta datos y voz con diferentes requerimientos de transporte, por los que los paquetes obtenidos deben ser clasificados, y priorizados de acuerdo a sus necesidades.

- El informe se inicia con el capítulo I en donde se describe la necesidad de la empresa, se precisan los objetivos y alcances del proyecto.

- El capítulo II, describe el contenido teórico necesario para realizar la solución de manera clara y precisa abordándose temas como calidad de servicio, colas, clasificación, priorización, requisitos para las comunicaciones de voz.

- El capítulo III, incluye los pasos a seguir para llegar a la solución del problema, los equipos a utilizarse, las medidas de calidad, además se proponen otras posibles alternativas de solución. En este capítulo se incluye el análisis que se tuvo que realizar para llegar a la mejor solución, con resultados numéricos en costos y el dimensionamiento del tráfico de acuerdo a las necesidades.

Finalmente se muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo abarca el contenido teórico necesario para realizar la solución de manera clara y precisa abordándose temas como calidad de servicio, colas, clasificación, priorización, requisitos para las comunicaciones de voz.

2.1 Aspectos relacionados a la Calidad de Servicio

Esta sección desarrolla los siguientes ítems: Calidad de servicio, redes convergentes y no convergentes, factores a considerar para la implementación de Calidad de Servicio (QoS) [1]

2.1.1 Calidad de servicio

Debido a que las aplicaciones de los usuarios continúan impulsando el crecimiento y desarrollo de las redes de datos, la demanda de soporte para diferentes tipos de tráfico, también aumenta. Diferentes aplicaciones con diferentes requerimientos crean la necesidad de políticas que definan como estas aplicaciones deben ser tratadas por la red. El tráfico crítico para la empresa debe ser protegido de otros tipos de tráfico. Asimismo el tráfico sensible a los retardos debe ser considerado prioritario.

El empleo de políticas de Calidad de Servicio dentro de una red juega un rol esencial en el diseño y optimización de una red con múltiples aplicaciones donde QoS tiene un rol crucial al momento de la decisión de cómo se debe manejar el tráfico de las aplicaciones en la red. La Tabla 2.1 ilustra el comportamiento del tráfico sin calidad de servicio

Tabla 2.1 Comportamiento del tráfico sin Calidad de Servicio (Fuente: [2])

| Tipo de Tráfico | Comportamiento sin QoS |
|------------------------|---|
| Voz | La voz es difícil de entender |
| | La voz se corta, suena entrecortada |
| | Retardos dificultan la interacción, los abonados no notan cuando la otra parte termino de hablar. |
| | Las llamadas se pueden desconectar. |
| Video | Los gráficos se muestran erráticos, movimiento entrecortado |
| | El audio no está en sincronía con el video |
| | Los movimientos se hacen lentos |
| Datos | La data es recibida cuando ya no es útil |
| | El cliente espera, mientras que el agente de atención espera la pantalla de respuesta |
| | Tiempo de espera variables, que frustra a los usuarios, quienes tendrán que reintentar luego |

2.1.2 Redes convergentes y no convergentes

Se desarrolla la definición de las redes convergentes así como la de las no convergentes [2].

a. Redes no convergentes

Se debe entender por redes no convergentes al hecho de que los distintos tipos de tráfico (voz, datos, video) usan redes independientes.

Antes que existiera la convergencia, el desarrollo de las redes estaba orientado a lograr la conectividad. Las tasas de transferencia a las cuales los datos viajaban, tenían como consecuencia ráfagas de datos, ocupando tanto ancho de banda como el que estuviera disponible en el momento. El acceso dependía del orden en el cual trataban de comunicarse, el primero que llegaba, el primero que tenía acceso; y la tasa disponible para un usuario, dependía del número de usuarios accediendo en ese momento.

Los protocolos desarrollados estaban adaptados a una transmisión muy alta en determinados momentos y en otros muy pocos intercambios de datos, los cuales generalmente no eran apreciables, retardos de segundos no eran notorios, pero si cuando se trataba de minutos.

Como se indicó líneas arriba, la voz, el video y los datos tenían su propia infraestructura, lo cual permitía que el tráfico se entregara de manera adecuada en una red independiente para cada caso (Figura 2.1).

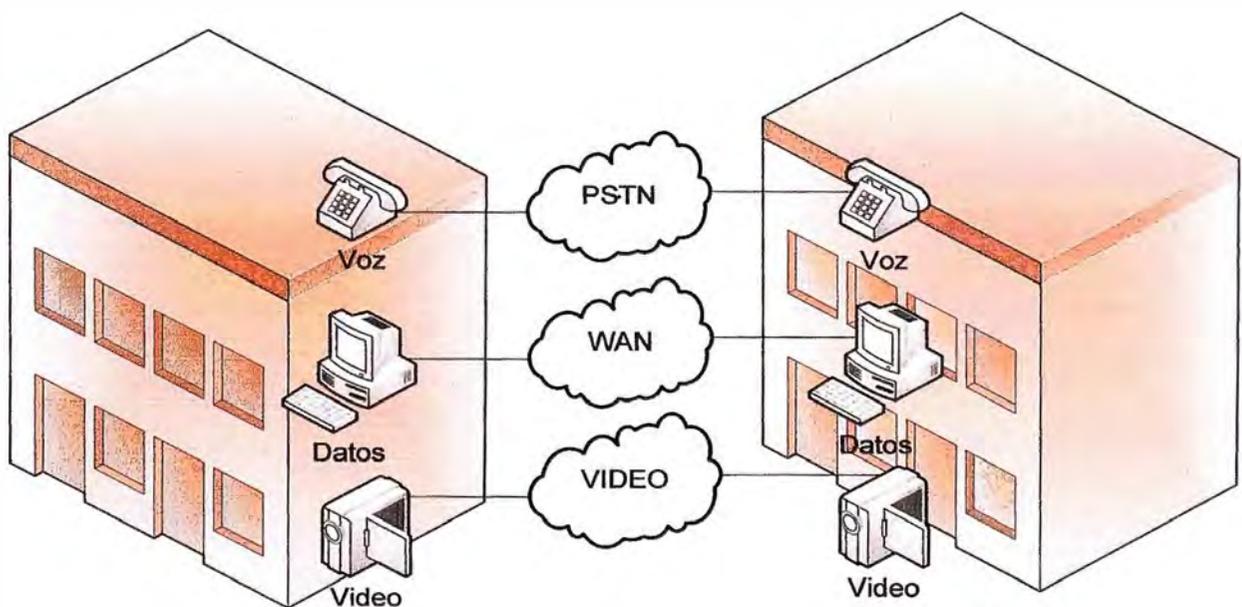


Figura 2.1 Redes antes de la convergencia (Fuente Elaboración Propia)

b. Redes Convergentes

Una red convergente es una red en la cual la voz, los datos y el video comparten la misma infraestructura aplicándose para que esto sea, posibles políticas de calidad de servicio. Los paquetes que llevan voz son típicamente pequeños y se envían durante toda

la duración de la llamada, estos paquetes no toleran retardos, sesgo entre los retardos, tampoco toleran las retransmisiones por la pérdida de los paquetes, pues la voz se escucharía entrecortada y algunas palabras serían incomprensibles.

Por otro lado los paquetes que llevan datos son típicamente grandes y soportan mejor que los paquetes de voz a los retardos y pérdidas, pueden ser retransmitidos, como es el caso de un paquete parte de un correo electrónico sin que el usuario perciba alguna diferencia, por lo que no necesitan prioridad a diferencia del de voz. En este tipo de redes, el tráfico constante de los pequeños paquetes de voz compiten con el tráfico no uniforme originado por los datos y durante una los periodos de congestión la calidad de la voz y también del video serían alterados.

Las redes convergentes (Figura 2.2) deben soportar tanto el tráfico de voz como el tráfico de datos, caracterizándose el tráfico de voz por requerir una tasa de bits garantizada, con retardos y pérdida de paquetes mínimo, los datos se caracterizan requerir gran tasa de bits solo durante el proceso de transferencia de los datos, por ejemplo descargar un archivo o página web, para posteriormente ser accedidos desde la memoria RAM del dispositivo cliente o servidor. Sin un diseño adecuado las aplicaciones que requieren prioridad se verían afectadas como, una voz entrecortada e ininteligible, en el caso de video una voz desincronizada con el video y partes video entrecortados.

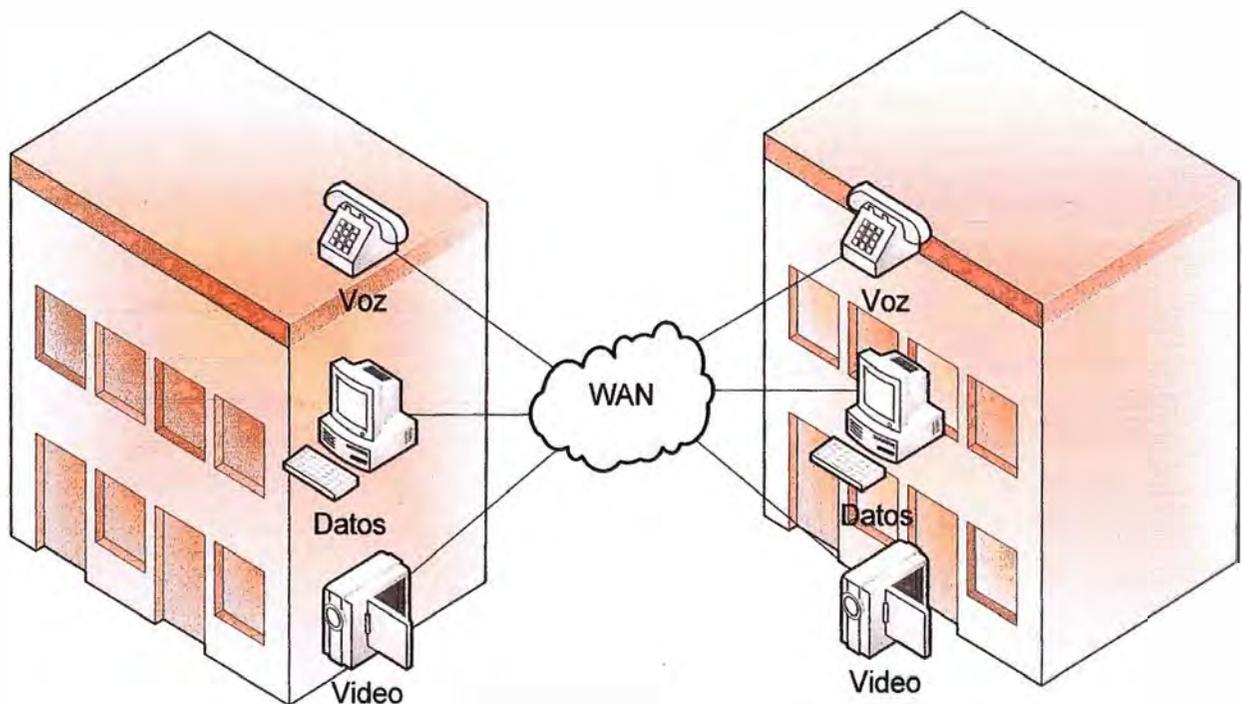


Figura 2.2 Redes convergentes (Fuente Elab. Propia)

2.1.3 Factores a considerar para la implementación de Calidad de Servicio (QoS)

Considerando que la calidad de servicio aplicada adecuadamente puede mejorar las características de ciertas aplicaciones y degradar el servicio para otras aplicaciones, por

lo tanto antes de decidir la reducción del retardo a ciertas aplicaciones y aumento del retardo a otro paquete, se debe entender las necesidades de cada aplicación.

Los principales factores a considerar en una red convergente son el Ancho de banda, el Retardo, el Sesgo de Retardo y la Perdida de paquetes, factores que deben ser evaluados para cada aplicación.

a. Ancho de Banda

Una característica que mide el rendimiento de la red es el ancho de banda. Sin embargo, el término se puede utilizar en dos contextos diferentes con dos valores diferentes de medición: ancho de banda medido en hertzios y ancho de banda medido en bits por segundo[33]. El ancho de banda medido en hertzios es el rango de frecuencias de una señal compuesta o el rango de frecuencias que un canal permite su paso. Por ejemplo, podemos decir que el ancho de banda de una línea telefónica de abonado es de 4 KHz. Ancho de banda medido en bits por segundo se refiere al número de bits por segundo que permite su paso un canal o un enlace. Por ejemplo, se puede decir que el ancho de banda de un enlace en una red Fast Ethernet es de 100 Mbps.

Existe relación estrecha entre el ancho de banda medido hertzios y ancho de banda medido en bits por segundo, la cual depende de la técnica de codificación de línea y técnica de modulación empleada para la transmisión.

Entre los mecanismo de optimización de uso del ancho de banda disponible se incluyen la compresión de la cabecera o de la carga los cuales se utilizaban en enlaces seriales de muy poca capacidad. Además, para la optimización del uso del ancho de banda disponible, también se puede utilizar los mecanismos de QoS, los cuales incluyen el manejo de las colas, para la clasificación y priorización del tráfico sensible a los retardos como los paquetes de voz.

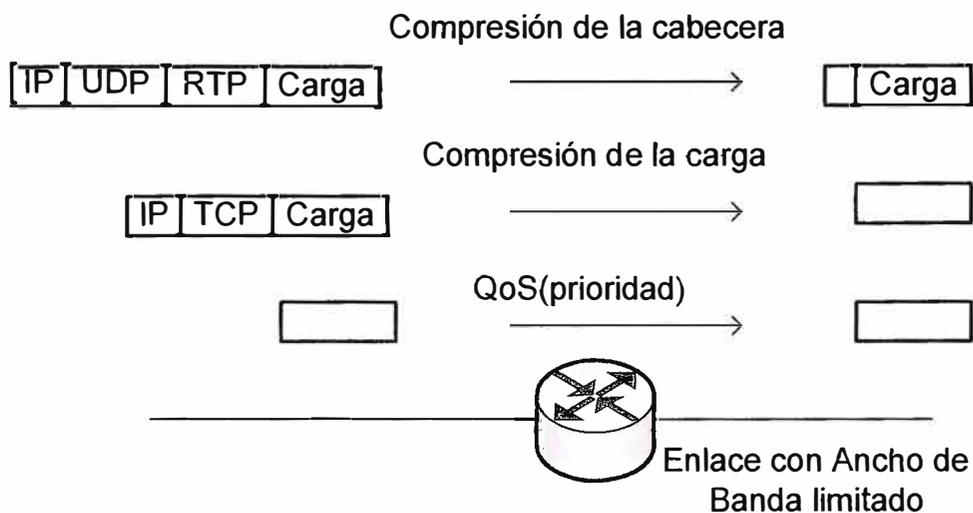


Figura 2.3 Mecanismos de Optimización del Ancho de Banda (Fuente: Elab. Propia)

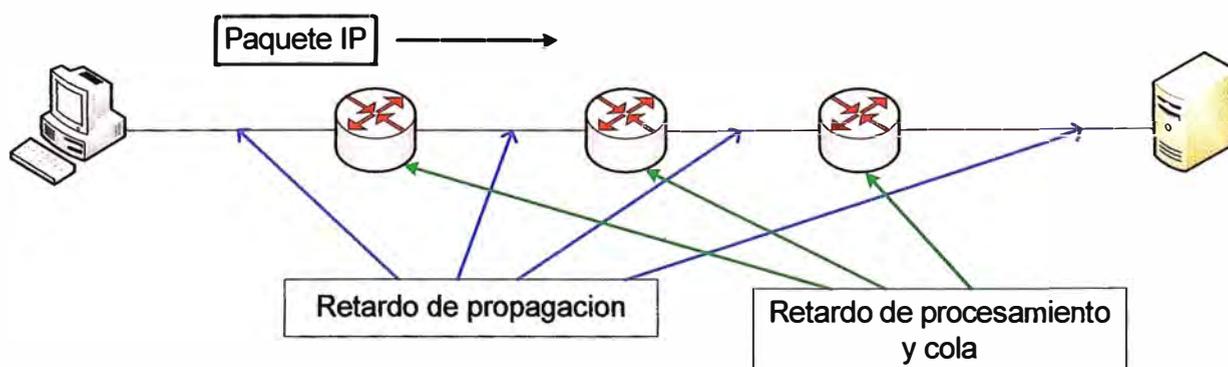
b. Retardo

El retardo viene a ser el tiempo transcurrido desde que un paquete es enviado por un dispositivo hasta que este llega a su destino. A lo largo de todo el recorrido que debe recorrer el paquete, existe una serie de dispositivos y mecanismos que se debe considerar. Este retardo está compuesto por pequeñas contribuciones en el procesamiento, cola, serialización, conformación, en los medios físicos, los cuales se detallan en la tabla 2.2. Para que el retardo total no sea perceptible al oído humano este no debe ser mayor de 150ms.

Tabla 2.2 Componentes del Retardo (Fuente: Referencia [2])

| Componente del Retardo | Definición | Donde ocurre |
|------------------------------------|---|---|
| Retardo de Serialización | Tiempo que demora colocar todos los bits en el medio físico, depende del tamaño de trama y la velocidad del enlace | En toda interface física, despreciable en líneas mayores que T3 |
| Retardo de Propagación | Tiempo que demora a un bit viajar por el medio físico, depende de la velocidad del medio y la longitud del enlace | Todo enlace físico, despreciable en redes LAN, y Enlaces WAN pequeños |
| Retardo de Cola | Tiempo utilizado mientras se espera en la cola de salida para ser reenviado, o para ser aceptado en la cola de entrada | En cada interface de entrada y salida. |
| Retardo de reenvío y Procesamiento | Tiempo requerido desde que se recibe la trama hasta q es ubicado en la cola para su transmisión. | En cada equipo de conmutación como routers y switches |
| Retardo de Conformación | El retardo de conformación ocurre cuando se ha configurado el dispositivo para evitar pérdidas de paquetes | En cualquier parte donde el retardo de conformación este configurado |
| Retardo de red | Retardo creado por los componentes de la red del proveedor de servicio, por ejemplo redes Frame Relay, ATM, Metroethernet | Dentro de la red del proveedor de servicio. |

El retardo extremo a extremo considera todos los componentes existentes es su trayectoria (Figura 2.4)



Retardo Total = Suma de todos los retardos

Figura 2.4 Retardo Extremo a Extremo (Fuente: Elaboración Propia)

Si el router es lo suficientemente capaz de tomar decisiones de reenvío rápidamente, los retardos más importantes por procesamiento, cola y serialización, serán influenciados por los siguientes factores:

- Longitud promedio de la cola
- Longitud Promedio de los paquetes en la cola
- Ancho de banda del enlace

Los mecanismos que permiten reducir el retardo consisten en el incremento de ancho de banda aunque es una solución costosa, priorizar los paquetes sensibles a los retardos mediante QoS, reducir el tamaño de los paquetes por compresión ya que toma menos tiempo transmitirlos y la compresión de la cabecera que no requiere mucho procesador

c. Sesgo de Retardo(Jitter)

Una serie de paquetes consecutivos que expresan retardos variables, están experimentando sesgo. El cual se debe a la naturaleza propia de las redes conmutadas por paquetes, en donde existe múltiples caminos y momentos con mayor congestión, compartiendo su capacidad.

Los paquetes de voz y video se transmiten de manera uniforme y consistente, en intervalos constantes para que sean recibidos en lo posible de la misma manera, ordenados, pero cuando existe el sesgo estos paquetes pueden llegar en desorden, desincronizados por lo que se requiere de una memoria temporal en el receptor para que almacene estos datos y puedan ser reproducidos de manera ordenada, en la practica el sesgo no debe ser mayor a 100ms para no tener un sonido entrecortado

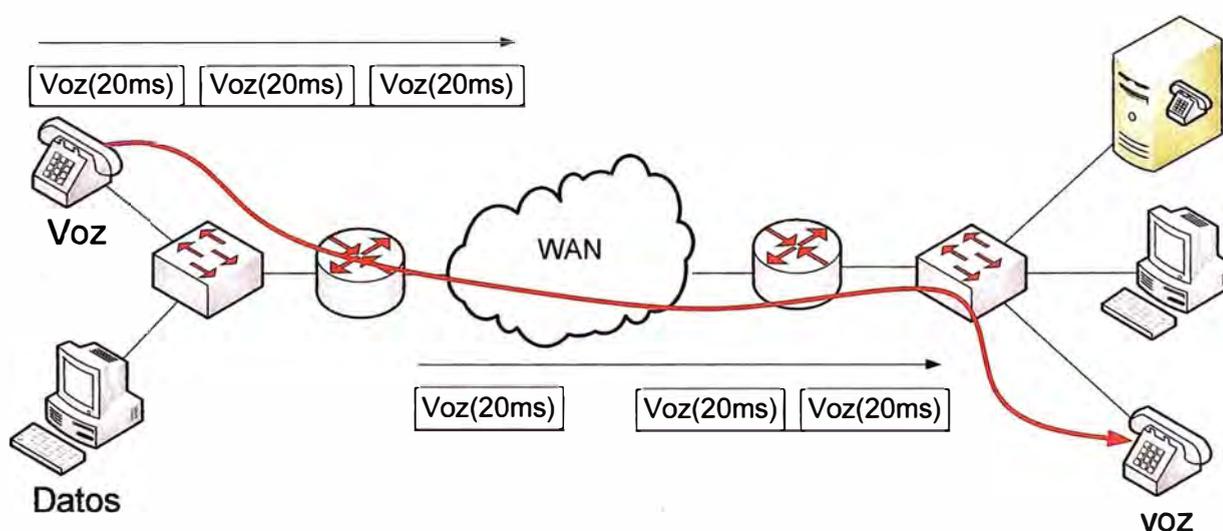


Figura 2.5 Sesgo de Retardo (Fuente: Elab. Propia)

Dentro de los mecanismos de reducción del sesgo se tienen las colas que permiten ordenar los paquetes sensibles a los retardos para un reenvío más rápido, la fragmentación ya que los paquetes fragmentados son pequeños y de mas fácil envío, comprimir las cabeceras o carga para que las transmisiones requieran menos ancho de

banda, y la conformación de tráfico que incrementa el retardo de manera artificial para reducir los paquetes descartados.

d. Pérdida de Paquetes

Un paquete usualmente se pierde cuando los routers no tienen la suficiente memoria de paquete para una cola de una interfaz en particular, causará que los paquetes posteriores en llegar sean descartados (Figura 2.6).

Las tramas que son alteradas en el medio físico también serán descartadas ya que fallaran durante el proceso de revisión de del campo de verificación de trama, aunque sin embargo en la mayoría de las redes actuales, los paquetes descartados debido a errores es mínimo ya que el BER es menor a 10^{-9} .

Entre los mecanismos utilizados para reducir el impacto por la pérdida por paquetes tenemos el incremento de ancho de banda el cual es costoso, garantizar suficiente ancho de banda e incrementar el espacio de la cola para manejar aplicaciones frágiles, y prevenir la congestión descartando paquetes de poca prioridad antes de que la congestión ocurra.

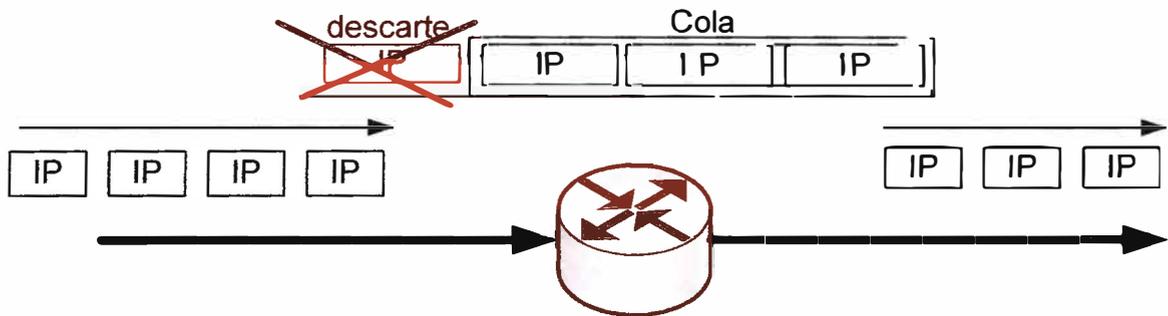


Figura 2.6 Descarte de Paquetes por Límite en la Capacidad de la Cola (Fuente: Prop.)

e. Fidelidad

La fidelidad es el grado en el cual un sistema es capaz de reproducir con precisión las características esenciales de la señal original, en donde el ancho de banda juega un papel crucial en la transmisión de estas características. El ancho de banda requerido para transmitir la voz humana varía desde los 100 a 10000Hertz, aunque el 90% del contenido de la voz se encuentra entre los 100Hz y 3000Hz[14].

f. Eco

El eco es el resultado de las diferencia entre las impedancias eléctricas a lo largo de todo el camino para la transmisión [14], por lo que el eco siempre está presente, inclusive en los sistemas de telefonía tradicional. El Eco está siempre presente, pero a un nivel que no puede ser detectado por el oído humano y por lo tanto pasa desapercibido. Los factores que afectan el eco son: su amplitud o intensidad del eco, y el retardo entre la voz hablada y el sonido que origino el eco. El eco puede ser controlado con los supresores o canceladores de eco.

g. Tono lateral

El tono lateral permite que el auricular reproduzca el audio emitido por el interlocutor, dando la impresión de que el aparato telefónico funciona de manera correcta. En caso este el tono lateral no se reproduzca, la impresión es que el aparato telefónico no está operativo

h. El ruido de fondo

El ruido de fondo es el audio de bajo volumen que se escucha desde la extremo lejano conexión, de tal manera de que los interlocutores noten que la llamada está establecida, sin embargo no es del todo relevante durante llamada, por lo que ciertas tecnologías pueden eliminar el fondo ruido del todo, como la detección de actividad de voz (VAD). Reduciendo la cantidad de información a transmitir, pero para que los interlocutores no asuman que la conversación se ha interrumpido, se inyecta un ruido generado de manera artificial, con reducido consumo de ancho de banda.

2.2 Redes de datos

Esta sección desarrolla los siguientes temas: Red de Área Local, Red de Área Amplia, Redes LAN Virtuales, Red de Telefonía Pública Conmutada.

2.2.1 Red de Área Local

Las redes de área local o simplemente redes LAN (Figura 2.7) se consideran a las redes que ocupan un área geográfica limitada, es decir podría ser un aula de clase, una oficina, un edificio, un campus, la cual podría ser segmentada según sus requerimientos mediante el uso de las VLAN.

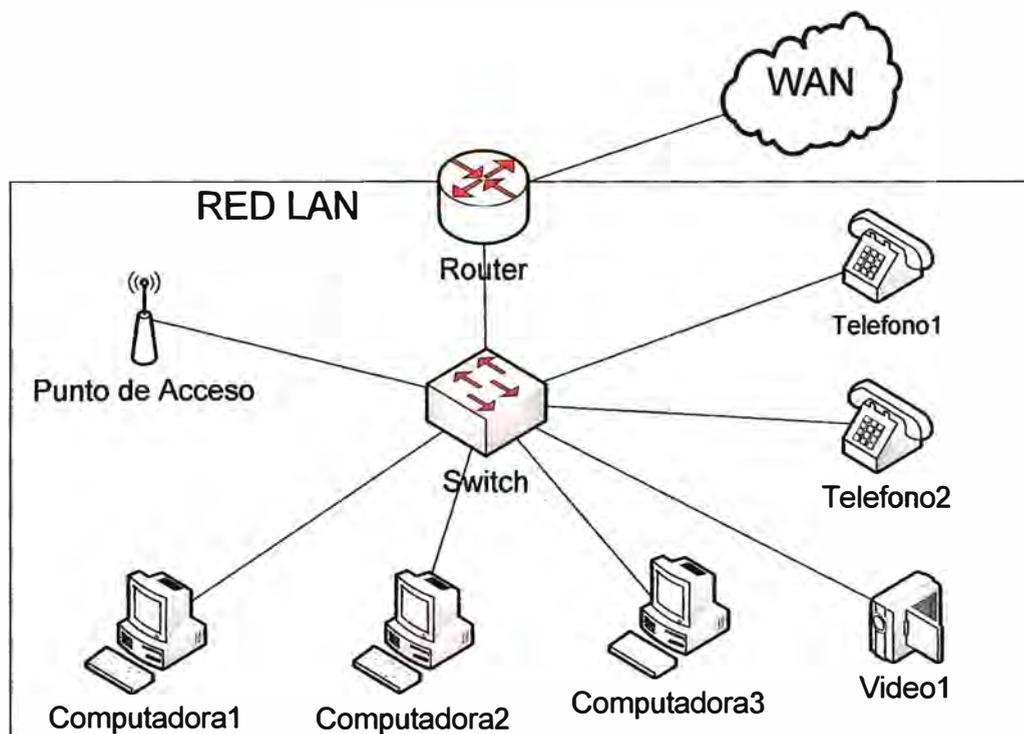


Figura 2.7 Red de Área Local (Fuente: Elaboración Propia)

Las redes LAN, son redes en las que la implementación mantenimiento y administración la realiza el propietario de la red, utilizando las tecnologías actuales se puede alcanzar hasta 10Gbps, Sin embargo aún su implementación es costosa por lo que principalmente se prefiere la tecnología Gigabit ethernet, son redes rápidas, en donde la capacidad de transmisión es alta, Las aplicaciones que requieren gran ancho de banda y poco retardo funcionan muy bien en esas redes.

2.2.2 Red de Área Amplia

Las redes de área amplia o simplemente redes WAN (Figura 2.8), son redes que tienen un alcance de inclusive distritos, provincias, departamentos y hasta países, interconectando varias redes LAN.

Las redes WAN requieren la participación de un proveedor de servicios de telecomunicaciones para su implementación, ya que se requiere que exista flujo de tráfico fuera de la infraestructura en donde se encuentran los equipos del usuario, es decir fuera del ámbito que incluye la red LAN. Estas redes se implementan utilizando tecnologías como Frame-Relay, Metroethernet, RDSI, e inclusive la misma internet, pudiéndose manejar capacidades de transmisión desde 56kbps, hasta varios Gbps, pero la capacidad deseada es directamente proporcional al costo, por lo que debe calcularse adecuadamente la capacidad requerida.

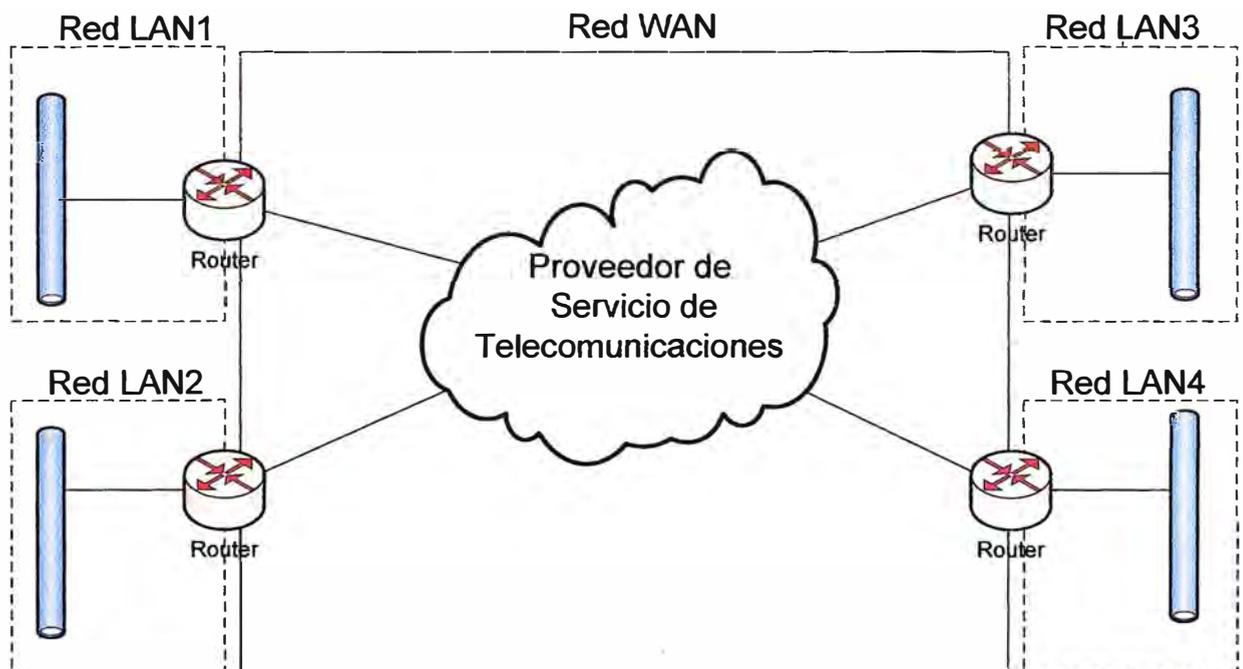


Figura 2.8 Red de Área Amplia (Fuente: Elab. Propia)

Las redes WAN son las redes que generalmente limitan la cantidad de llamadas y calidad del tráfico que lleva voz, por ese motivo es la que debe optimizarse ya que al ser la más costosa se debe hacer un uso más eficiente de sus capacidades, ya que su capacidad depende directamente del costo.

2.2.3 Redes LAN Virtuales

Las LAN Virtuales (Figura 2.9), conocidas como VLANs, es un grupo de dispositivos de una o más Redes LAN que están configurados de tal manera que solo pueden comunicarse entre ellos, como si estuvieran conectados a el mismo switch.

Estos equipos se encuentran localizados en diferentes segmentos de la Red LAN, debido a que las VLANs están basadas en conexiones lógicas, en vez de conexiones físicas: Las VLANs permiten flexibilidad para el usuario y para la administración, además como optimización de recursos y conservar el ancho de banda.

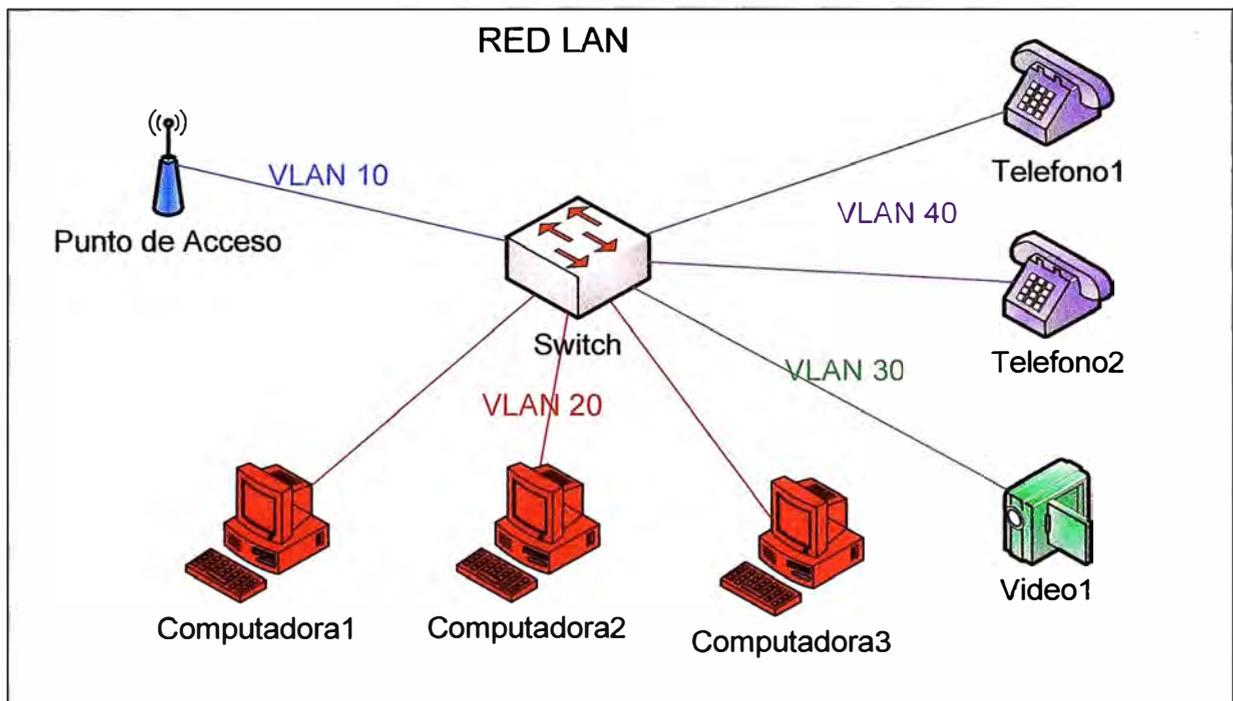


Figura 2.9 RED VLANs (Fuente: Elaboración Propia)

2.2.4 Red de Telefonía Pública Conmutada.

Las redes que utilizamos para poder realizar las llamadas de manera tradicional, en donde utilizamos teléfonos de tipo analógica es conocida como la Red Pública de telefonía conmutada (PSTN).

Las Llamadas en la PSTN son tradicionalmente por conmutación de circuitos, lo que garantiza de extremo a extremo de trayecto y los recursos a través de los conmutadores telefónicos. Su propósito principal es establecer caminos que permitan a las personas la conexión, conversación, y desconexión.

Muchos creen que la PSTN va a ser absorbida por Internet. Aunque esto puede ser cierto, se deben realizar avances en internet para garantizar la calidad de servicio (QoS) y lograr que las llamadas de voz funcionen de una manera adecuada...

a. Partes de la red Telefónica

Son los siguientes (Figura 2.11):

- **Teléfono Analógico:** Capaz de conectarse directamente a la red PSTN y es el dispositivo más común de la PSTN. Convierte audio en señales eléctricas.
- **Bucle local:** Es el enlace entre el equipamiento del usuario y el proveedor de servicio de telecomunicaciones.
- **Central de conmutación:** Proporciona servicios a los dispositivos en el bucle local, como la señalización, un conjunto de dígitos, enrutamiento de llamadas, establecimiento y finalización de llamadas
- **Enlace Troncal:** Proporciona una conexión entre los conmutadores. Estos conmutadores pueden ser parte de la oficina central o pueden ser privados.
- **Central Privada:** Permite a una empresa para operar como una pequeña "PSTN" dentro de la compañía. Este campo proporciona un ahorro de eficiencia y economía, porque cada teléfono no requiere una conexión directa a la PSTN.
- **Teléfono digital:** Convierte la voz en ceros y unos para transmitirlos digitalmente, lo cual hace más eficiente la comunicación que la analógica.

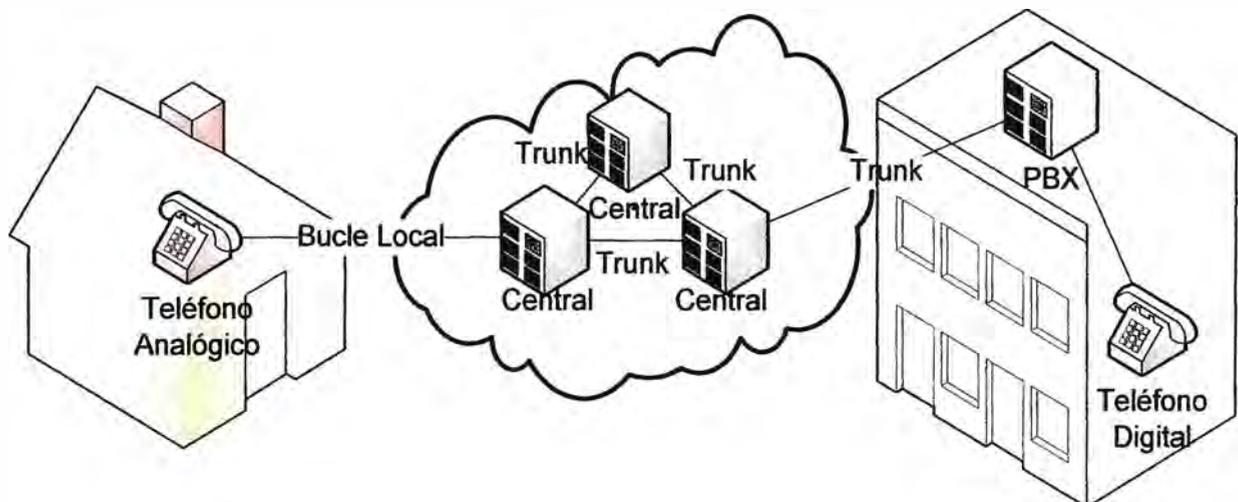


Figura 2.11 Componentes de la PSTN (Fuente: Elaboración Propia)

b. Transmisión de la Voz utilizando Routers

Para en funcionamiento correcto de las llamadas pero sobre una red IP, existe una serie de procesos que va desde la negociación para el establecimiento de la llamada, hasta el proceso de la misma llamada, para ello se utilizan los agentes de llamadas para dar servicio a teléfonos, sin embargo, los routers al ubicarse en la frontera de la red, juegan un rol fundamental, en el proceso de reenvío de los paquetes de voz, reenvío de los paquetes de señalización, a los cuales se le debe dar la priorización adecuada, trabajo que debe realizar un router, A los router también se le puede agregar puertos de voz, inclusive se pueden configurar para que funcione como un agente de llamadas..

2.3 Protocolos de redes de datos

Se desarrolla en esta sección los siguientes temas: El protocolo IP, Protocolo TCP,

Protocolos de VoIP, Protocolo de Transporte en tiempo real [3].

2.3.1 El protocolo IP

El protocolo de Internet, o también llamado protocolo IP, es un elemento fundamental para las comunicaciones en las redes de datos, permite identificar de donde y a donde se dirigen un pequeño bloque de datos, estas direcciones están contenidas dentro de una cabecera que contiene información de control necesaria, para que los nodos intermedios puedan reenviar el encapsulado IP, llamado también paquete IP hacia su destino.

IP es un protocolo que no garantiza la entrega de los datos, por lo que si hay pérdida de paquetes por congestión, problemas de direccionamiento u otros, el protocolo IP no informará, ni reenviara el paquete perdido, esto lo realizará otro protocolo como TCP, los paquetes IP, simplemente se descarta. El paquete IP es presentado en la Figura 2.10

| 0 | | 3 4 | | 7 8 | | 1 16 | | 31 | |
|----------------------|--|-----------|--|---------------|--|-----------------------------|--|----------|--|
| Versión | | IHL | | Tipo Servicio | | Longitud Total | | | |
| Identificación | | | | | | Flags | | Posición | |
| Tiempo de Vida | | Protocolo | | | | Suma de Control de Cabecera | | | |
| Dirección de Origen | | | | | | | | | |
| Dirección de Destino | | | | | | | | | |
| Opciones | | | | | | | | Relleno | |
| Datos | | | | | | | | | |

Figura 2.10 Paquete IP (Fuente: Ref. [4])

2.3.2 Protocolo TCP

El Protocolo de Control del Transmisión o también llamado por sus siglas en ingles TCP, es el protocolo encargado de garantizar la entrega de los paquetes IP utilizando una transferencia de datos confiable, manejando ordenamiento de su unidad de datos de protocolo, llamado segmento, enviando un mensaje de confirmación cuando se recibe un segmento, en inclusive realizando control de flujo. Es decir si el enlace WAN es de poca capacidad, TCP regulara la cantidad de segmentos a transmitir, enviando la cantidad de segmentos adecuada para la capacidad del enlace. La Figura 2.11 presenta el segmento TCP y la Figura 2.12 el datagrama de usuario (UDP).

| 0 | | 15 16 | | 31 | |
|---------------------------|-----------|-------|---------------|---------------------|---------|
| Puertos de Origen | | | | Puertos de Destino | |
| Número de Secuencia | | | | | |
| Número de Acuse de Recibo | | | | | |
| Long. Cab. | Reservado | | Señalizadores | Ventana | |
| Suma de Control | | | | Puntero de Urgencia | |
| Opciones | | | | | Relleno |
| Datos | | | | | |

Figura 2.11 Segmento TCP (Fuente: Referencia [5])

| | | | |
|---------------|----|-----------------|----|
| 0 | 15 | 16 | 31 |
| Puerto Origen | | Puerto Destino | |
| Longitud | | Suma de Control | |
| Datos | | | |

Figura 2.12 Datagrama de Usuario UDP (Fuente: Referencia [6])

2.3.3 Protocolos de Voz sobre IP

La Voz sobre IP (VoIP) utiliza el Protocolo de Internet (IP) para transmitir la voz en forma de paquetes a través de una red IP. Utilizando protocolos VOIP, las comunicaciones de voz pueden ser posibles sobre cualquier red IP pudiendo ser una LAN, una WAN o Internet [7].

En una red de VoIP, la señal de voz se digitaliza, comprime y se convierten en paquetes IP y luego se transmite través de la red IP. protocolos de señalización VoIP se utilizan para configurar e iniciar por llamadas, llevar la información necesaria para localizar y negociar capacidades. Existen muchos protocolos que se pueden utilizar para establecer y transportar la voz sobre IP, entre los que se tienen a:

a. H.323

Es un estándar ITU-T, que fue desarrollado originalmente para conferencias multimedia sobre redes LAN, pero posteriormente se extendió para soportar VoIP. El estándar incluye tanto las comunicaciones punto a punto y multipunto. H.323 define cuatro componentes lógicos: terminales, Gateway, Gatekeepers y unidades de control multipunto (MCU) y terminales [8].

b. Session Initiation Protocol (SIP)

Es un estándar del IETF para el establecimiento de conexiones VOIP. SIP es un protocolo de la capa de aplicación para crear, modificar y terminar sesiones con uno o más participantes. La arquitectura de SIP es similar a la de HTTP (protocolo cliente-servidor). Las solicitudes se generan por el cliente y se envía al servidor. El servidor procesa las peticiones y entonces envía una respuesta al cliente. Una solicitud y una respuesta logran la transacción [9].

c. Media Gateway Control Protocol (MGCP)

Es un protocolo de VoIP propuesto por Cisco y Telcordia, protocolo que define la comunicación entre los Agentes de llamadas y gateways de telefonía. MGCP es un protocolo de control, lo que permite que un coordinador central para supervise los eventos entre los teléfonos IP y los Gateway. En la arquitectura MGCP, La inteligencia de control de llamada se encuentra fuera de las Gateway y son llamados Agentes de llamadas. los cuales se sincronizaran con otros [10].

2.3.4 Protocolo de Transporte en tiempo real (RTP)

De sus siglas “Real Transport Protocol”, provee servicios de entrega extremo a extremo para la data con características de tiempo real, como audio interactivo, video o datos de simulación, sobre servicios en redes unicast o multicast. Las aplicaciones típicamente utilizan a RTP sobre UDP para utilizar el multiplexado y los servicios de suma de verificación. Ambos servicios forman parte de la funcionalidad del protocolo de transporte. RTP puede ser utilizado sobre otras redes o protocolos de transporte [11].

RTP por sí mismo no provee ningún mecanismo para asegurar el tiempo de entrega o de garantizar la calidad de servicio, pero confía en los servicios de la capa inferior, RTP incluye características como marcas de tiempo y secuenciamiento para permitir la reconstrucción de la secuencia, en el mismo orden en que fue enviado desde el emisor, y así determinar la ubicación adecuada del paquete. Por ejemplo para la voz es necesaria la decodificación de los paquetes en la secuencia adecuada:

2.4 Mecanismos para la implementación de calidad de servicio

En esta sección se desarrollan los siguientes temas: Clasificación y marcado de los paquetes, Colas, Conformación del tráfico.

2.4.1 Clasificación y marcado de los paquetes

Para garantizar la capacidad requerida para los paquetes de VoIP, un dispositivo de red debe ser capaz, de identificar tráfico de paquetes de voz a través del tráfico IP. Los dispositivos de Red usan las direcciones IP de los paquetes origen y destino dentro de la cabecera IP, las direcciones de puerto origen y destino dentro de la cabecera UDP. A este proceso de agrupación e identificación se le llama clasificación y es la base para proveer cualquier mecanismo de calidad de servicio.

La clasificación de paquetes suele ser Intensiva, por lo que se debe realizar lo de la manera más simple posible, ya que cada salto requiere un tratamiento al paquete que se recibe, por lo que si se necesita un método más simple de clasificación puede usarse el campo ToS de la cabecera IP.

Dentro de las redes, la cabecera IP, la cabecera de las troncales en la LAN, cabeceras Frame-Relay, y cabeceras ATM, todas tienen al menos un campo que puede ser utilizado de alguna manera para el marcado de los paquetes para ser utilizado con QoS.

a. Precedencia IP y DSCP

La cabecera IP definida en el RFC 791, incluye un byte llamado Tipo de Servicio (ToS). Este byte fue destinado como campo para el marcado de los paquetes para ser utilizado por las herramientas de QoS. Este campo se subdivide utilizando los 3 primeros bits de mayor orden como Precedencia de IP.

Este campo fue posteriormente modificado para incluir a los servicios Diferenciados, el cual reemplazo a la precedencia IP, y al mismo campo ToS que ahora se llama Campo de Servicios Diferenciados en donde se utiliza los 6 bits de mayor orden para definir las prioridades y los dos bits de menor orden se utiliza para los bits de ECN.

La Figura 2.13 muestra el Byte ToS y el campo DS, mientras la Tabla 2.3 muestra la selección de clases para los valores DSCP (Differentiated Services Code Point)

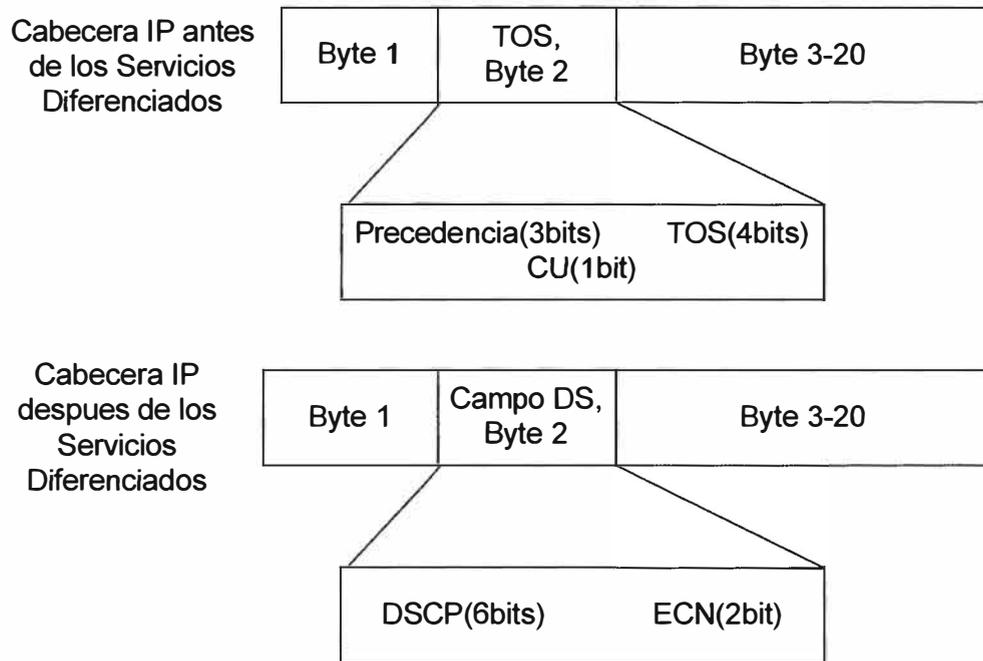


Figura 2.13 Byte ToS y campo DS (Fuente: Referencia [1])

Tabla 2.3 Selección de Clases para los valores DSCP (Fuente: [1])

| Nombres del selector de Clase | Valores en Binario DSCP | Valores de Precedencia IP | Nombres Precedencia |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| CS0(por defecto) | 000000 | 000 | Routime |
| CS1 | 001000 | 001 | Priority |
| CS2 | 010000 | 010 | Immediate |
| CS3 | 011000 | 011 | Flash |
| CS4 | 100000 | 100 | Flash Override |
| CS5 | 101000 | 101 | Critic/Critical |
| CS6 | 110000 | 110 | Internetwork Control |
| CS7 | 111000 | 111 | Network Control |

b. Campos de Marcado en Ethernet

Ethernet soporta 3 bits para el marcado QoS, pero este campo existe solo cuando la cabecera Ethernet incluye el encapsulado 802.1q o ISL.

El estándar IEEE 802.1q, define que su campo, utilizado para diferenciar las VLANs, sea utilizado los 3 bits más significativos de los 2 bytes totales para la implementación de calidad de servicio, llamando a este campo bits de prioridad del usuario. En el encapsulado ISL, se define los 3 bits menos significativos del campo usuario, llamándolo clase de servicio (Figura 2.14).

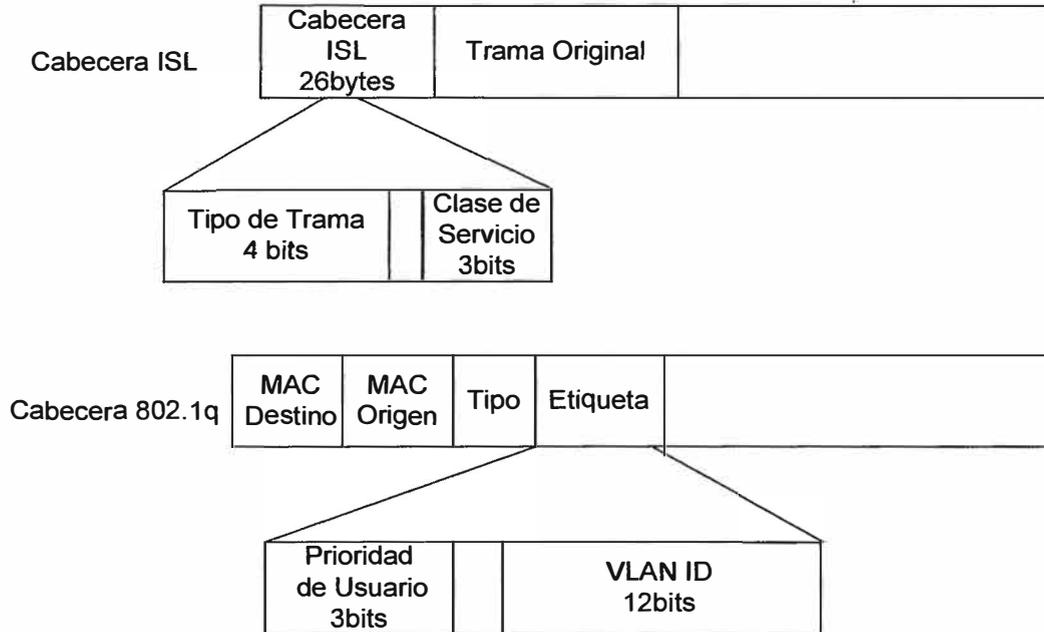


Figura 2.14 Campos de Clase de Servicio (Fuente: [1])

c. Campos de Marcado en la WAN

La Figura 2.15 muestra los campos utilizados en una red para QoS. Frame Relay y ATM soportan un solo bit que puede ser usado para propósitos de QoS, pero estos bits están destinados para un uso muy estricto relacionado a la probabilidad de descarte. Tramas o celdas con estos bits fijados a uno, son considerados el mejor candidato a ser descartado que de tramas o celdas con el bit en cero. En Frame Relay, este bit se denomina DE, elegible para el descarte; y en ATM, este bit se denomina CLP, prioridad de pérdida de celda, estos bits pueden ser fijados por un router, o un switch ATM o Frame Relay. Los Router y switch pueden eliminar o agregar esas características cuando se desea que las tramas o celdas sean descartadas, definiendo el CLP, y el DE en 1.

MPLS define un campo de 3 bits, llamado MPLS experimental, el cual ha sido diseñado para el uso en el marcado de QoS. Frecuentemente se utiliza este campo en redes donde se trabaja con MPLS, para remarcar paquetes que originalmente vienen con DSCP o Precedencia IP, para proveer calidad de servicio en redes MPLS.

En una red donde la Precedencia IP o DSCP dentro de los paquetes IP debe permanecer intacta de extremo a extremo, Sin embargo hay algunos dispositivos que no son capaces de leer estos campos (Tabla 2.4), y para algunos es más conveniente localizarlos en otra cabecera.

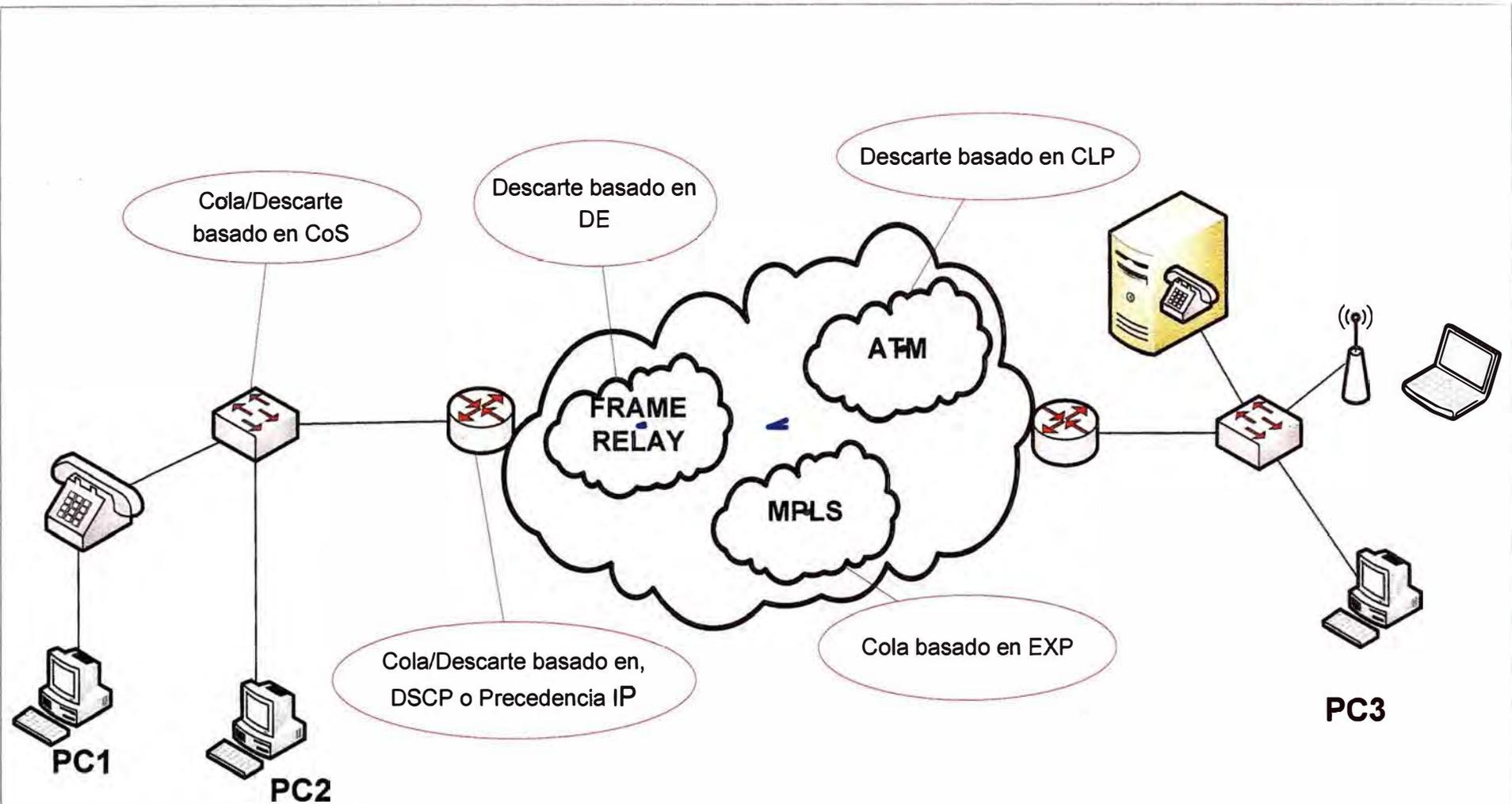


Figura 2.15 Campos Utilizados en una red para QoS (Fuente: Elaboración Propia)

Por ejemplo, en un router de etiquetado MPLS, las decisiones de priorización de QoS pueden estar definidas en el campo EXP de MPLS, pero sin la capacidad de leer los campos de Precedencia o DSCP de la cabecera IP, en este caso se debe configurar en los dispositivos de frontera el marcado en un campo diferente.

Tabla 2.4 Campos de marcado para QoS (Fuente. Ref. [1])

| Nombres del selector de Clase | Ubicación | Longitud |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Precedencia IP | Cabecera IP | 3 bits |
| DSCP | Cabecera IP | 6 bits |
| Campo DS | Cabecera IP | 1 byte |
| Byte TOS | Cabecera IP | 1 byte |
| CoS | Cabecera (802.1q y ISL) | 3bits |
| Elegible para el descarte (DE) | Cabecera Frame Relay | 1bit |
| Prioridad de Perdida de Celda (CLP) | Cabecera ATM | 1bit |
| MPLS Experimental | Cabecera MPLS | 3bits |

2.4.2 Colas

Colas, proporcionan la capacidad de reordenar los paquetes y organizarlos cuando se produce la congestión. Las colas se pueden producir en la interfaz de entrada, llamada "cola de entrada", aunque la mayoría de los métodos de manejo de las cosas se aplican a la cola de salida, estas colas vienen a ser memoria disponible para recibir los paquetes hasta que estos sean enviados por la interface de salida del dispositivo

Las colas creadas en una interfaz por herramientas de manejo de la congestión, son denominadas colas de software, ya que estas colas literalmente se implementan por software, sin embargo cuando el paquete está listo para abandonar la cola, este no es enviado directamente a la interfaz para su reenvío, lo que se realiza es enviar este paquete a una segunda cola basada en hardware de capacidad muy pequeña tipo FIFO, al cual muchas veces se le denomina cola de transmisión. Algunas características de las colas de transmisión, son.

- Esta cola difícilmente va a estar libre, tiene a la espera a la otra cola basada en software para entregar los paquetes a la cola de hardware.
- Siempre se usa la lógica FIFO
- No es afectada por las herramientas de manejo de cola.
- Su tamaño pequeño las hace más controlables.

Un ejemplo del encolado de salida simple, 2 colas, es mostrado en la Figura 2.16.

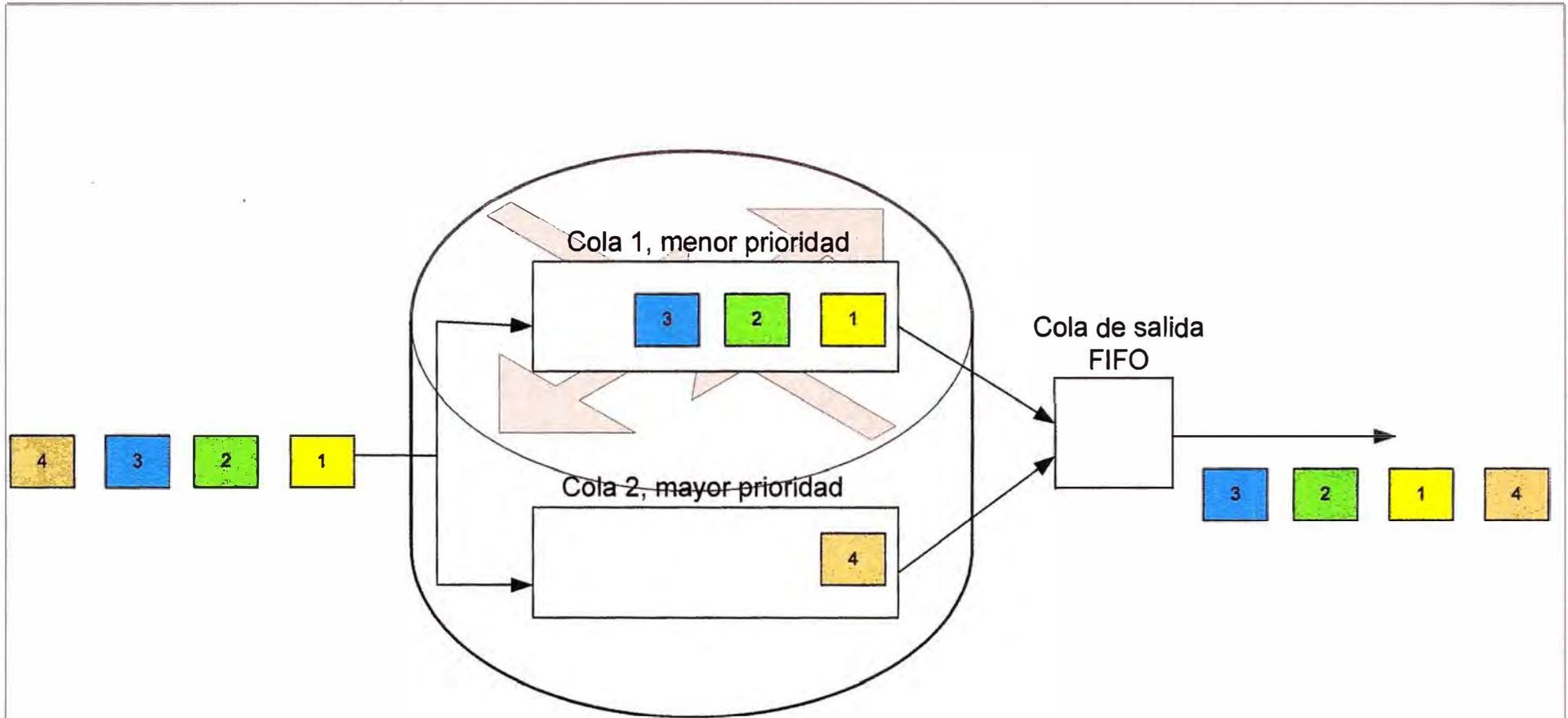


Figura 2.16 Encolado de salida simple, 2 colas (Fuente: Elaboración Propia)

Las herramientas para el manejo de colas pueden manejar una variedad de métodos que difieren unos de otros, mientras unos métodos se orientan a elegir de la mejor cola correcta para cada paquete, otros se basan en ordenar según que paquetes deberían ser priorizados,. Estas herramientas permiten definir una gran variedad de colas como por ejemplo: FIFO, CQ, RR, WR, DRR, CQ, WFQ, CBWFQ y LLQ, de las cuales se definirá las más representativas para el objetivo del trabajo.

a. Cola FIFO

Esta cola, la cual está basada en software, básicamente es una extensión de la cola FIFO basada en hardware. Este tipo de colas no realiza ninguna clasificación, simplemente descarta los paquetes cuando la cola está llena, los paquetes llegan a la cola conforme estos son recibidos. Este tipo de colas trabaja muy bien para regular en la tasa de bits en una interfaz (Figura 2.17).

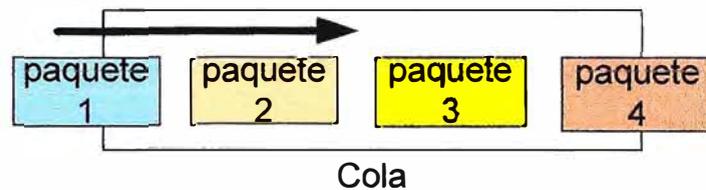


Figura 2.17 Algoritmo de manejo de cola FIFO (Fuente: [26])

b. Cola PQ

Este algoritmo de manejo de colas es también bastante simple. A cada paquete se le asigna una prioridad y es ubicado en una jerarquía de colas basadas también por prioridad. Cuando no hay más paquetes para enviar en la cola de más alta prioridad, la siguiente cola puede ser utilizada. El problema de este tipo de colas es que si el envío de paquetes se está realizando utilizando la cola de mayor jerarquía, los paquetes de la cola de menor jerarquía no podrán ser enviados (Figura 2.18).

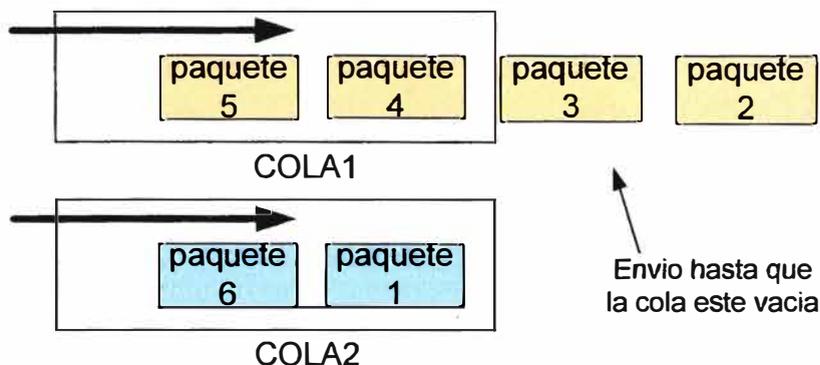


Figura 2.18 Algoritmo de manejo de cola PQ (Fuente: [26])

c. Cola WRR

El algoritmo WRR fue desarrollado para permitir priorización ponderada, o pesos, a cada cola permitiendo una mayor cantidad de paquetes de una cola de mayor peso con respecto a una cola de menor peso, el problema de este tipo de colas es que no se

puede definir un ancho de banda específico de manera exacta (Figura 2.19).

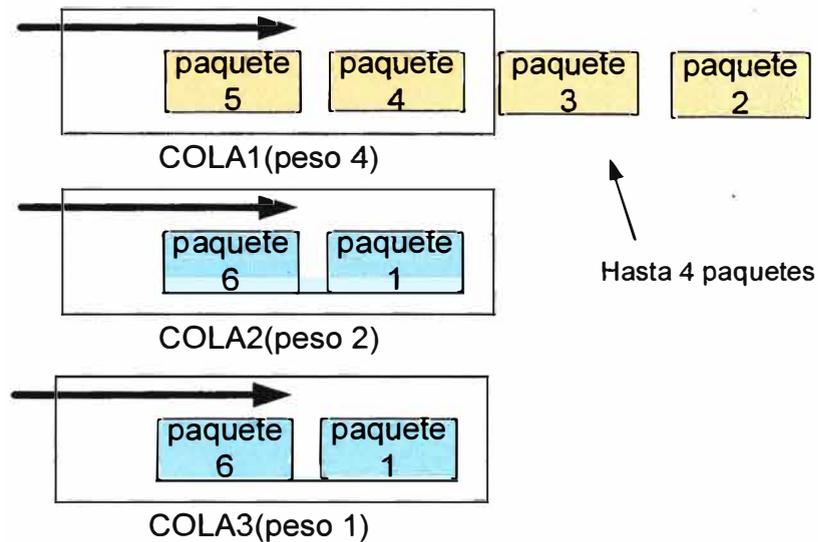


Figura 2.19 Algoritmo de manejo de cola WRR (Fuente: [26])

d. Cola CQ

Es un algoritmo que puede proveer una tasa de bits garantizada para un tráfico específico, CQ maneja el tráfico especificando el número de paquetes o bytes para cada clase de tráfico, utilizando para este fin el algoritmo WRR. El problema de este algoritmo es que no se adapta a cambios en la RED. Maneja 17 colas, una cola para paquetes de alta prioridad y 16 colas configurables (Figura 2.20).

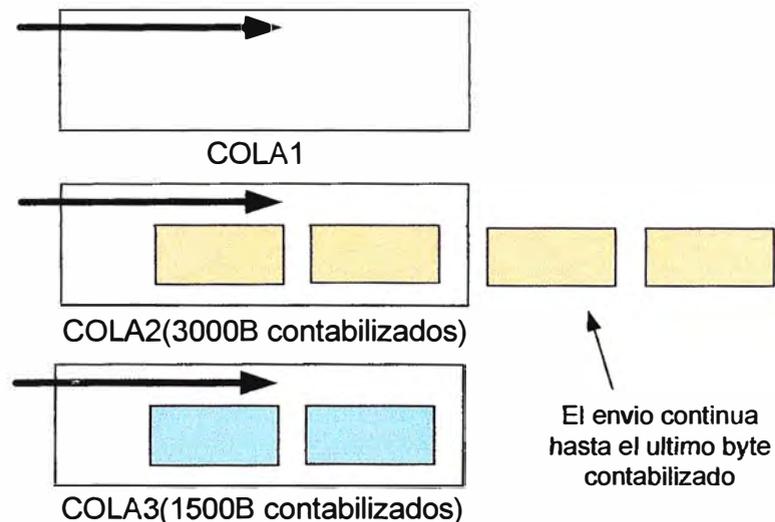


Figura 2.20 Algoritmo de manejo de cola CQ (Fuente: [26])

e. Cola WFQ

Este algoritmo es muy similar al CQ que permite una tasa de bits garantizada para cada flujo, dedicando una cola FIFO a cada flujo, pero evitando los retardos largos que tiene CQ. WFQ maneja un número fijo de colas las cuales son deben ser más grandes que el número de colas configurados.

Este mecanismo tiene la desventaja de manejar complejos mecanismos de clasificación y ordenamiento.

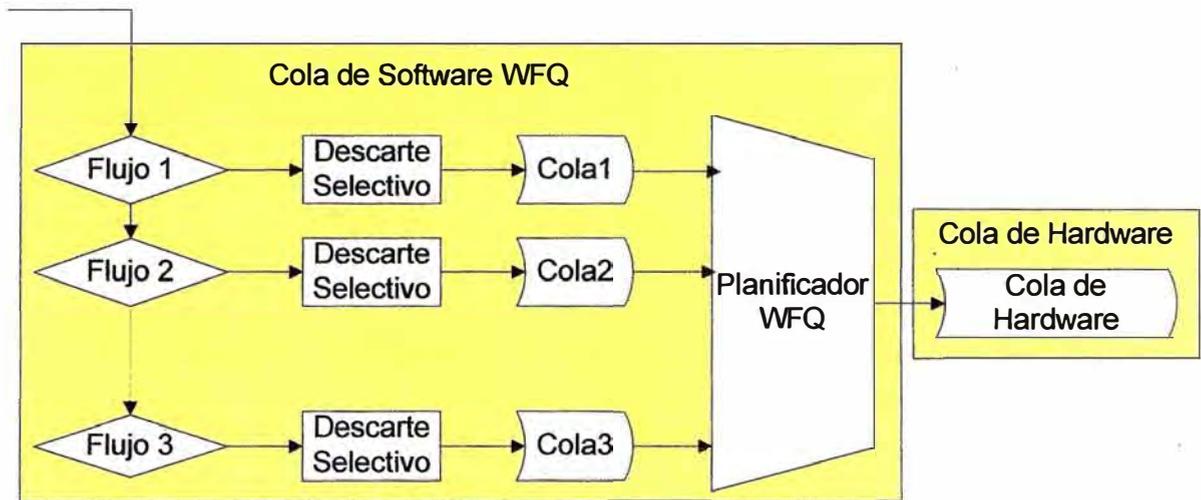


Figura 2.21 Arquitectura WFQ (Fuente: [26])

f. Cola LLQ

Es un algoritmo que a diferencia de WFQ, permite manejar una prioridad mayor para la clase de tráfico que es sensible a los retardos, permitiendo el uso de WFQ basada en clases con una cola de alta prioridad para el tráfico crítico. La distribución del tráfico con el algoritmo LLQ es más eficiente cuando el tráfico crítico es intermitente.

Esta es la cola que se implementa en las redes actuales debido a que permite una mayor flexibilidad entre la necesidad de asignar capacidades de tráfico fijo a cada tráfico, y asignar prioridades para el tráfico sensible, este tipo de cola integra las capacidades de una cola WFQ basada en clases de tráfico y una cola por prioridad, lo cual se muestra en la Figura 2.22.

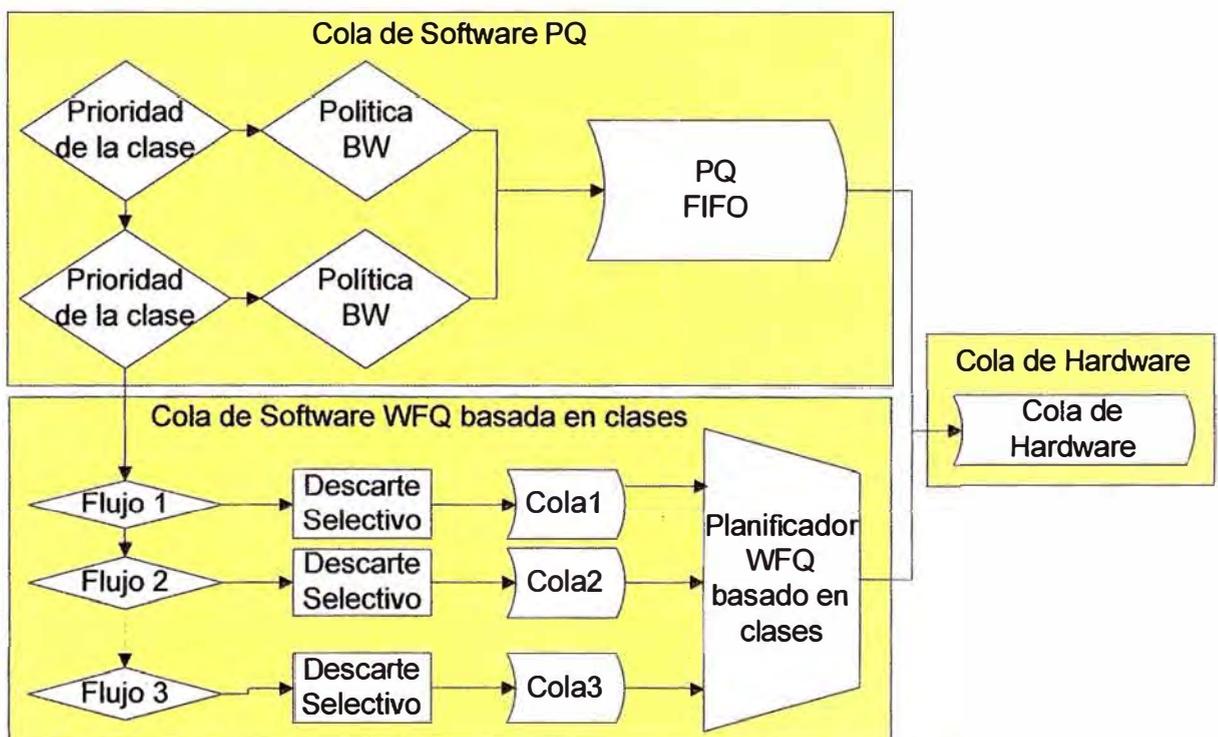


Figura 2.22 Algoritmo de manejo de cola WRR (Fuente: [26])

A continuación se muestra la Tabla 2.5, donde se integra las características más importantes de cada mecanismo de manejo de cola.

Tabla 2.5 Comparación entre las herramientas de QoS (Fuente: Ref. [1])

| Herramientas | Número Máximo de Colas | Capacidad de Clasificación | Algoritmo de servicio de cola/ Algoritmo del resultado final |
|---|------------------------|--|--|
| Priority Queuing (PQ) | 4 | IP ACL Interface de entrada Fragmentos | Servicio Estricto: Siempre sirve a la cola de mayor prioridad respecto a la de menor prioridad |
| Custom Queuing (CQ) | 16 | IP ACL Interface de entrada Fragmentos | Trabaja con un numero de bytes bytes por cola, Entrega aproximadamente un ancho de banda fijo a cada cola bajo carga |
| Weighted Fair Queuing (WFQ) | 4096 | Automático, basado en flujos, dirección y puertos origen y destino | Cada cola usa una cola diferente, con menor volumen y mayor precedencia para mas servicios: alto volumen, una menor precedencia significa menor servicio |
| Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ) | 64 | IPACL, NBAR Marcado basado en Clase | Algoritmo no conocido, pero el resultado es un ancho de banda definido en cada cola |
| Low Latency Queuing | N/A | Mismo que CBWFQ | LLQ es una variante de CBWFQ, en donde algunas colas tienen mayor prioridad, sirviendo a estas si hay un paquete en la cola. |
| Modified Deficit Round-Robin (MDRR) | 8 | IP Precedencia | Similar a CQ, pero cada cola tiene un porcentaje exacto del ancho de banda, soporta LLQ |

2.4.3 Conformación del tráfico

La conformación del tráfico es un mecanismo usado para enviar el tráfico en pequeñas ráfagas a una tasa de transmisión configuradas evitando que se exceda la tasa definida. Si la tasa configurada es excedida, los paquetes esperaran para la conformación del tráfico en una cola, llamada cola de conformación. El conformador de tráfico, que

puede ser un router libera a continuación los paquetes de la cola de tal manera que con el tiempo la velocidad de bits no supere la tasa configurada, Figura 2.23.

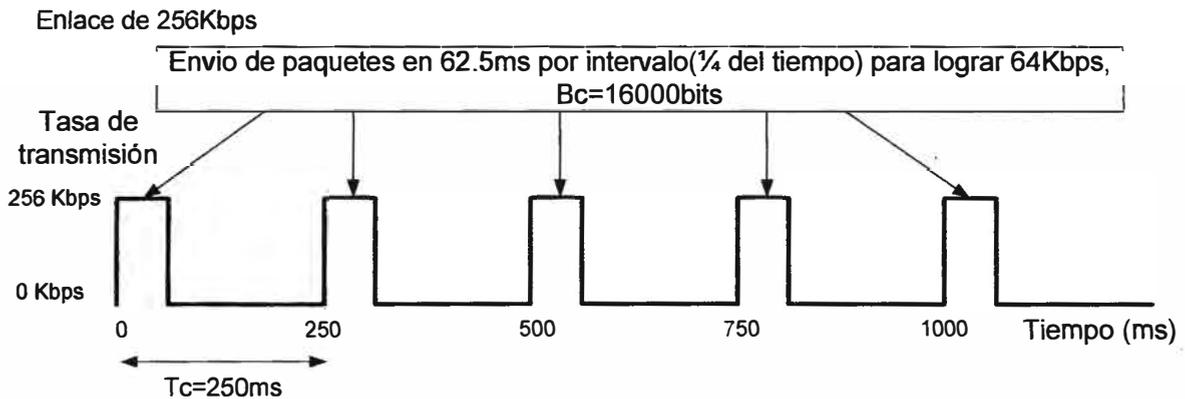


Figura 2.23 Mecanismos de conformación de tráfico (Fuente: Elaboración Propia)

La conformación de tráfico soluciona dos problemas generales que pueden ocurrir en redes Multiacceso. Debido a que un proveedor de servicio descarta cualquier tráfico en un VC cuando la tasa de tráfico excede la tasa contratada (CIR), eso lleva a considerar lógico no transmitir más tráfico que el que se tiene contratado, evitando así el descarte de paquetes en la red del proveedor.

Un segundo problema puede ocurrir cuando se trabaja en una red WAN con múltiples sedes remotas, en donde estas sedes remotas podrían transmitir al mismo tiempo hacia la sede central, saturando la capacidad de cola y procesamiento de la interfaz de la sede central, la conformación de tráfico también permitiría aliviar este problema ya que se evitaría que el tráfico prioritario, exceda la tasa de transmisión máxima en la sede central.

La Tabla 2.6 muestra la terminología de la conformación de tráfico

Tabla 2.6 Terminología de la Conformación de Tráfico (Fuente: Referencia [1])

| Termino | Definición |
|---------------|--|
| Tc | Intervalo de tiempo, medido en milisegundos, sobre el cual la ráfaga suscrita puede ser enviada |
| Bc | Tamaño de ráfaga suscrita, medida en bits. Este es la cantidad de tráfico que puede ser enviado durante el intervalo Tc, Típicamente definida en el contrato |
| CIR | Tasa de información suscrita, en bits por segundo, es la que define la tasa del circuito virtual de acuerdo a al contrato establecido |
| Shapping rate | La tasa, en bits por segundo, para una configuración conformada deseada en particular. Esto puede ser definida hasta el CIR |
| Be | Tamaño de la ráfaga en exceso, en bits. Este es el número de bits superior al Bc, que pueden ser enviados después del periodo de inactividad. |

Los routers pueden transmitir a través de una interface hasta el límite de transmisión físico, en los enlaces seriales esto es hasta la tasa de reloj. Para que se pueda lograr transmitir a tasa menor, el router debe alternar entre transmitir paquetes y entre estar en inactividad. Por ejemplo si la tasa de transmisión contratada fuera la mitad de la capacidad del enlace, El router deberá enviar los paquetes la mitad del tiempo, y no enviar ningún paquete la otra mitad.

Por ejemplo, si se tuviera un enlace serial de 256kbps de velocidad máxima, pero una tasa contratada (CIR) de 64Kbps, tiene sentido transmitir solo 64kbps ya que en las redes del proveedor, el tráfico que supere la CIR será descartado, supongamos que se decide transmitir 16000 bits en cada ráfaga (Bc), se puede utilizar la expresión 2.1 para calcular cada cuanto tiempo (Tc) se debe iniciar el envío de la ráfaga, para este ejemplo el valor calculado es de 250ms

$$T_c = \frac{B_c}{\text{Shapping Rate}} \quad (2.1)$$

En el caso de redes Metro Ethernet donde las velocidades de los enlaces son de al menos 10Mbps, los tiempos requeridos para la conformación y envío de los paquetes son menores a 1 ms, por lo que no es necesario el cálculo, ya que es mucho menor que el retardo mínimo requerido para la transmisión de la voz (150ms).

2.4.4 Fragmentación y entremezclado

Debido a que las comunicaciones VoIP son extremadamente sensibles a los retardos. Los paquetes de VoIP deben ser entremezclados o insertados entre los paquetes fragmentados de datos (Figura 2.24)

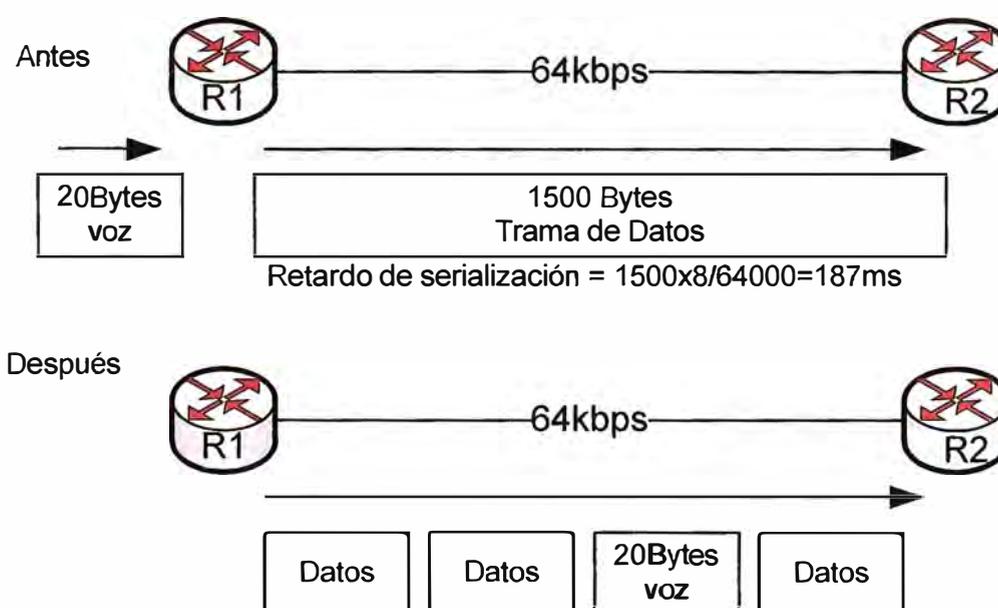


Figura 2.24 Fragmentación y entremezclado del Paquete de VoIP (Fuente: Elab. Propia)

Inclusive con las colas y trabajando con priorización del tráfico de voz, hay casos en

los que la cola de voz está vacía y un paquete de otra clase es enviado. Este paquete puede ser de gran tamaño, haciendo que los próximos paquetes de voz tengan que esperar a que el paquete de gran tamaño abandone el router, pudiéndose esperar una cantidad de tiempo apreciable mientras es enviado.

Si se asume que un paquete de voz debe esperar después de los paquetes de datos, y que un paquete de datos puede tener de tamaño el MTU definido en el medio, que puede ser de 1500 hasta 4470 en interfaces seriales de alta velocidad.

Los cálculos del retardo de serialización y del tamaño de fragmento son realizados con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Retardo Serialización} = \frac{\text{Tamaño del paquete(bits)}}{\text{tasa de transmisión(bps)}} \quad (2.2)$$

$$\text{Tamaño de Fragmento} = \text{tiempo del fragmento(s)} \times \text{tasa de transmisión(bps)} \quad (2.3)$$

Los paquetes VoIP usualmente se envían cada 20 ms, con un retardo máximo de 150ms, y requerimientos de sesgo estrictos, lo que significa que un vacío mayor a 150ms es inaceptable para una transmisión de voz.

En enlace de baja velocidad donde el tiempo de espera por un paquete grande es apreciable, la fragmentación es requerida, una fragmentación simple puede ser insuficiente, porque si el paquete de VoIP debe esperar detrás de los fragmentos del paquete de gran tamaño original. El paquete de VoIP debe ser Insertado entre los fragmentos del paquete de datos.

2.5 Mecanismos para evaluar la calidad de las llamadas

Varios métodos se pueden utilizar para determinar la calidad de la señal, incluyendo las siguientes: Mean Opinion Score (MOS), Perceptual Speech Quality Measurement (PSQM), Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ), Modelo-E.

2.5.1 Calificación Media de Opinión (MOS)

Siglas de "Mean Opinion Score", es un sistema de calificación para la calidad de voz definido por la recomendación ITU P.800. Una calificación MOS se genera cuando los oyentes evalúan frases grabadas con anterioridad que están sujetas a condiciones que varían respecto a la frase original, tales como el efecto de perder calidad al utilizar algoritmos de compresión, pérdida de paquetes y ruido. Los oyentes luego de escuchar la frase con la calidad disminuida por la transmisión, la califican subjetivamente en la escala de 1 a 5.

La expresión original utilizada para el idioma inglés es "Nowadays, a chicken leg is a rare dish." Esta expresión se utiliza, debido que contiene una amplia gama de sonidos que se encuentran en el lenguaje humano, como las vocales largas y vocales cortas, sonidos fuertes y los sonidos suaves. La Tabla 2.7 muestra las medidas empleadas en el

MOS mientras la Tabla 2.8 la relación entre los códec y el MOS

Tabla 2.7 Medidas empleadas en el MOS(Fuente: Referencia[32])

| MOS | Calidad | Deterioro |
|-----|-----------|-----------------------------|
| 5 | Excelente | Imperceptible |
| 4 | Buena | Perceptible pero no molesto |
| 3 | Regular | Algo Molesto |
| 2 | Mediocre | Molesto |
| 1 | mala | Muy molesto |

Tabla 2.8Relación entre los códec y el MOS(Fuente: Referencia [12])

| Método de compresión | Tasa (kbps) | Calificación MOS | Retardo de compresión (ms) |
|----------------------|-------------|------------------|----------------------------|
| G.711 PCM | 64 | 4.1 | 0.75 |
| G.726 ADPCM | 32 | 3.85 | 1 |
| G.728 LD-CELP | 16 | 3.61 | 3 to 5 |
| G.729 CS-ACELP | 8 | 3.92 | 10 |
| G.729 x 2 Encodings | 8 | 3.27 | 10 |
| G.729 x 3 Encodings | 8 | 2.68 | 10 |
| G.729a CS-ACELP | 8 | 3.7 | 10 |
| G.723.1 MP-MLQ | 6.3 | 3.9 | 30 |
| G.723.1 ACELP | 5.3 | 3.65 | 30 |

2.5.2 Medición perceptiva de la calidad del habla (PSQM)

Siglas de "Perceptual Speech Quality Measurement", es un método automatizado definido por la recomendación ITU P.861 y se utiliza para medir la calidad de la voz "en uso", o durante la conversación. Debido a que el método de obtención del PSQM es subjetivo, requiere un tiempo de análisis extenso y es una prueba de evaluación de calidad costosa [28]. El método también permite un método de cálculo de los valores de PQSM objetivo.

Tiene más de 90 por ciento de exactitud en comparación con pruebas subjetivas de escucha como el MOS. La puntuación se basa en una escala de 0 a 6,5, donde 0 es el mejor y el peor es 6,5. Debido a que fue originalmente diseñado para la transmisión de la voz en redes conmutadas por circuito, en el cálculo del PSQM no tiene en cuenta los problemas de sesgo, ni el retardo. Se evalúa la relación señal a ruido, por lo que se adapta a sistemas de telefonía analógica,

2.5.3 Evaluación Perceptiva de la calidad del habla (PESQ)

De sus siglas "Perceptual Evaluation of Speech Quality", se desarrolló específicamente para ser utilizada en pruebas a la calidad de voz de un extremo a extremo en condiciones reales, como VoIP, la red de telefonía pública conmutada, la Red digital de servicios integrados, y el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM).

PESQ se ha convertido en la Recomendación UIT-T P.862, que se considera el estándar actual para la medición de la calidad de voz. Es la mecanismo de medición más completo, PESQ puede tomar en cuenta los errores de códec, problemas de filtrado,

sesgo de retardo que son típicas en una red de VoIP. Los puntajes PESQ varían desde 1 (peor) hasta 4,5 (mejor), siendo considerado un 3,8 un puntaje de calidad, la cual maneja la red de telefonía pública conmutada. Es una medida objetiva. Requiere la implementación de software codificado en lenguaje C, el cual está disponible en la página web de la ITU, Ref [29]

2.5.4 Modelo-E

El modelo E, recomendación ITU G-107, fue creado para estimar la calidad de la voz percibida por un usuario, a partir de parámetros medibles de la red, como resultado de esta medición se obtienen valores que varían desde 0 hasta 100, a este parámetro se le llama Factor de medida de la transmisión (R). El factor E considera para su cálculo una gran cantidad de factores como retardos, pérdida, ruido y eco. Este método puede utilizarse para estimar la calidad de la voz en redes conmutadas por paquetes, fijas e inalámbricas. El parámetro Inicia de un 100 como la mejor calidad, y se le van restando los factores que degradan la calidad de las llamadas, según se puede observar en la ecuación

$$R = R_o - I_s - I_d - I_{e_eff} + A \quad (2.4)$$

En donde:

- R_o : Se denomina la relación señal a ruido base
- I_s : Se denomina factor de degradaciones simultaneas
- I_d : Se denomina factor de degradación por retardo
- I_{e_eff} : Se denomina factor de degradación efectiva del equipo
- A : Representa el factor de mejora

Este cálculo se requiere gran cantidad de parámetros para el cálculo de cada factor, Estos parámetros se encuentra definidos en la recomendación ITU-G107, puede utilizarse para predecir el MOS de manera objetiva, es decir sin la necesidad de que exista una opinión personalizada por parte de los usuarios.

Tabla 2.9 Niveles de Calidad como función modelo E (Fuente: Ref. [30])

| Rango del modelo E | Categoría en la calidad de la conversación | Satisfacción del usuario |
|---------------------------|---|---------------------------------|
| $90 \leq R < 100$ | Muy buena | Muy satisfechos |
| $80 \leq R < 90$ | buena | satisfechos |
| $70 \leq R < 80$ | media | Algunos usuarios no satisfechos |
| $60 \leq R < 70$ | mala | Muchos usuarios no satisfechos |
| $50 \leq R < 60$ | Muy mala | Casi todos no satisfechos |

Este modelo, puede ser utilizado y calculado mediante un algoritmo cuyo código está

disponible en la página web de la ITU G-107 ref[30], con la cual se pueden simplificar los cálculos.

2.5.5 Factor de degradación calculado para la planificación (ICPIF)

Siglas de “Impairment Calculated Planning Impairment Factor”, recomendación G.113 de la ITU. El ICPIF, se calcula como la suma medida de factores de deterioro, menos un factor definido por el usuario, que intenta representar la expectativas del usuario, tienen un método de cálculo similar al Modelo E, basado en las parámetros medibles de la red, por lo que se adapta a una red conmutada por paquetes.

$$I_{cpif} = I_o + I_q + I_{dte} + I_e - A \quad (2.4)$$

En donde:

- I_o : Se denomina factor de degradación no óptima auditiva
- I_q : Se denomina factor de degradación por cuantización PCM
- I_{dte} : Se denomina factor de degradación por el eco del interlocutor
- I_{dd} : Se denomina factor de degradación por retardos de transmisión en una vía
- I_e : Se denomina factor de degradación causada por el equipo
- A : factor de mejora

Este cálculo es lo utiliza Cisco para predecir el MOS de manera objetiva

La Tabla 3.13 muestra los niveles de calidad como función del ICPIF [23].

Tabla 2.10 Niveles de Calidad como función del ICPIF (Fuente: Ref. [23])

| Valor máximo del ICPIF | Calidad de la comunicación oral |
|------------------------|-------------------------------------|
| 5 | Muy buena |
| 10 | Buena |
| 20 | Adecuada |
| 30 | Limitante |
| 45 | Excepcionalmente limitante |
| 55 | Los usuarios reaccionan físicamente |

Tabla 2.11 Comparación entre las medidas de calidad (Fuente: Referencia [7])

| Característica | MOS | PSQM | PESQ | Modelo-E | ICPIF |
|---|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Método de prueba | Subjetivo | Objetivo | Objetivo | objetivo | objetivo |
| Prueba de pérdida de paquete extremo a extremo | Inconsistente | No | si | si | si |
| Prueba de sesgo de retardo de paquete extremo a extremo | Inconsistente | No | si | si | si |

2.6 Codecs

Un códec es la parte de un dispositivo que se encarga de realizar tareas de codificación y decodificación, utilizando su código de programación para realizarlas durante las transmisiones de voz y video. Existen diferentes de códec utilizados para codificar y decodificar, comprimir y descomprimir para reducir la tasa de datos de manera que el ancho de banda utilizado será menor que si no se codifica

Las técnicas de codificación son estandarizadas por la ITU. La UIT G-series codecs están entre los estándares más populares para aplicaciones de VoIP. A continuación se presenta una lista de los códec más conocidos.

G.711: Es un estándar internacional de codificación de audio para voz, el cual transmite a 64 kbps. Se trata de un codificación que utiliza PCM, y se muestrea a una frecuencia de 8 kHz. Este códec es ampliamente utilizado en las redes telefónicas. Y se tienen 2 tipos:

- **ley u:** se utiliza en América del Norte y redes japonesas de telefonía.
- **ley a:** una ley-se emplea en Europa y otras partes del mundo.

G.726: Un esquema de codificación de la UIT-T diferencial adaptativa (ADPCM) codificando a 40, 32, 24 y 16 kbps. utiliza ADPCM. Las cuatro tasas de bits asociados con G.726 se refieren a menudo a el tamaño de bit de una muestra, que son 2-bits, 3-bits, 4 bits-, y 5 bits, respectivamente.

G.728: Codifica a 16 kbps utilizando un retardo pequeño, Lineal y predictivo (LDCELP). Esta codificación no está disponible en muchos dispositivos que trabajan con voz.

G.729: Utiliza un también Código de predicción lineal (CS-ACELP) codificando la voz en 8 kbps. La versión G.729a requiere menos procesamiento, pero pero sacrifica la calidad de la voz, mientras que el G.729b añade soporte para VAD y CNG, logrando un uso más eficiente del ancho de banda

G.723: Describe un codificador de voz de doble tasa para comunicaciones multimedia. Esta técnica de compresión se puede utilizar para la compresión de los componentes de la señal de voz o audio a una tasa de bits muy baja. Este codec tiene dos tasas de bits asociados:

- 6,3 kbps, utilizando tramas de 24-byte y el algoritmo MPC-MLQ
- 5,3 kbps, utilizando tramas de 20-byte y el algoritmo ACELP

GSM: Describe un codificador de voz que codifica a una tasa de bits de 13 kbps.

El tamaño de la muestra de voz es una variable que puede afectar el ancho de banda total usado.

Cuando se transmite la voz codificada, es común manejar encapsulados de 10ms y

20ms de. Si se transmite mas bits por cada, lo que se logra es que los retardos sean mayores y se produzcan retrasos variable y silencios, (Tabla 2.7 [25]).

Tabla 2.12 Impacto del muestreo de la voz (Fuente: Ref. [25])

| Codec | Tasa de bits(bps) | Tamaño de muestra (Bytes) | Paquetes(pps) |
|--------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------|
| G.711 | 64000 | 240 | 33 |
| G.711 | 64000 | 160 | 50 |
| G.726r32 | 32000 | 120 | 33 |
| G.726r32 | 32000 | 80 | 50 |
| G.726r24 | 24000 | 80 | 25 |
| G.726r24 | 24000 | 60 | 33 |
| G.726r16 | 16000 | 80 | 25 |
| G.726r16 | 16000 | 40 | 50 |
| G.728 | 16000 | 80 | 13 |
| G.728 | 16000 | 40 | 25 |
| G.729 | 8000 | 40 | 25 |
| G.729 | 8000 | 20 | 50 |
| G.723r63 | 6300 | 48 | 16 |
| G.723r63 | 6300 | 24 | 33 |
| G.723r53 | 5300 | 40 | 17 |
| G.723r53 | 5300 | 20 | 33 |

Para un mejor rendimiento de la red, se debe elegir un códec adecuado, decidir comprimir de cabecera, el tamaño de la muestra y la compresión de todo el paquete, esto puede tener efectos positivos y negativos en la tasa de bits final. Por lo que se debe utilizar los valores más adecuados dependiendo del caso específico:

- Si el códec requiere más bits para transmitirse, la tasa de transmisión también se incrementara:
- Aumentar el tamaño del paquete de voz requerirá menos tasa de transmisión, porque se usan menos cabeceras
- La compresión de cabeceras RTP reduce la tasa de transmisión.

En las redes actuales, el muchas veces ya no se realiza la compresión de cabecera, ya que ese proceso lo podemos asociar a transmisión de voz en enlaces seriales de muy baja velocidad, sin embargo se requiere conocer con exactitud cuántos bits necesita para su transmisión cada códec, ya que de ello se puede dimensionar la cantidad de llamadas concurrentes en un enlace que se pueden lograr.

En la figura 2.13 se muestra las diferentes tasas de transmisión requeridas por cada códec en particular, asimismo se muestra la tasa de bits requerida para su transmisión, cuando se le agrega las cabeceras.

Tabla 2.13 Tasa de bits requerida (Fuente: Ref. [25])

| Códec | Tasa de bits(bps) | Tamaño de muestra (Bytes) | Frame Relay (bps) | Frame Relay con cRTP (bps) | Ethernet (bps) |
|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| G.711 | 64000 | 240 | 76,267 | 66,133 | 79,467 |
| G.711 | 64000 | 160 | 82,400 | 67,200 | 87,200 |
| G.726r32 | 32000 | 120 | 44,267 | 34,133 | 47,467 |
| G.726r32 | 32000 | 80 | 50,400 | 35,200 | 55,200 |
| G.726r24 | 24000 | 80 | 37,800 | 26,400 | 41,400 |
| G.726r24 | 24000 | 60 | 42,400 | 27,200 | 47,200 |
| G.726r16 | 16000 | 80 | 25,200 | 17,600 | 27,600 |
| G.726r16 | 16000 | 40 | 34,400 | 19,200 | 39,200 |
| G.728 | 16000 | 80 | 25,200 | 17,600 | 27,600 |
| G.728 | 16000 | 40 | 34,400 | 19,200 | 39,200 |
| G.729 | 8000 | 40 | 17,200 | 9,600 | 19,600 |
| G.729 | 8000 | 20 | 26,400 | 11,200 | 31,200 |
| G.723r63 | 6300 | 48 | 12,338 | 7,350 | 13,913 |
| G.723r63 | 6300 | 24 | 18,375 | 8,400 | 21,525 |
| G.723r53 | 5300 | 40 | 11,395 | 6,360 | 12,985 |
| G.723r53 | 5300 | 20 | 17,490 | 7,420 | 20,670 |

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento y desarrollo de la solución. Primeramente se realiza el análisis situacional para luego plantear las alternativas de solución y hacer la selección óptima de telefonía IP más adecuada. Finalmente se expone el desarrollo de la solución.

3.1 Análisis situacional

En esta sección se hace un análisis de la situación de las redes utilizadas por la empresa así como de sus requerimientos. La primera red es la de datos; que es utilizada para realizar las consultas necesarias para lograr las ventas de los medicamentos, la segunda es la red de radio, orientada a realizar las comunicaciones de voz entre sedes.

3.1.1 Situación y requerimientos de la infraestructura de datos

La empresa al trabajar en la venta de medicamentos, requiere detalles como el precio ofrecido, stock, promociones, descuentos, etc., los cuales deben ser consultados en el momento de la compra, y actualizados durante el proceso de la venta, para así poder ofrecer a sus clientes los datos exactos y realizar la transacción comercial respectiva.

La empresa utiliza para su red de datos una red WAN. Cada sucursal es conectada mediante los servicios de la empresa OPTICAL NETWORK, con la cual tienen contratado una tasa de transmisión de 300 Kbps con una sobresuscripción de 1 a 1, utilizando como la tecnología Metro Ethernet para el transporte de los paquetes IP.

La Empresa posee 12 sucursales, y se encuentra en continuo crecimiento por lo que se debe considerar el crecimiento futuro. Estas doce sucursales deben realizar las consultas a un servidor el cual se encuentra co-ubicado en las oficinas de la empresa proveedora de servicio con una tasa de transmisión asignada de 12 Mbps, para atender a las sucursales actuales y a las futuras. La Figura 3.1 muestra la infraestructura de red de datos. El direccionamiento de la red de la empresa se presenta en el Anexo A.

Los parámetros de calidad establecidos en el SLA (acuerdo de nivel de servicio) indican que el proveedor garantiza el 99.95% del servicio, y una latencia máxima de 30 ms en los accesos inalámbricos, lo cual indica que es una red con muy buen rendimiento, y adecuada para las consultas desarrolladas. En la Tabla 3.1 se resume el acuerdo de niveles de servicio SLA brindado por el proveedor de servicios.

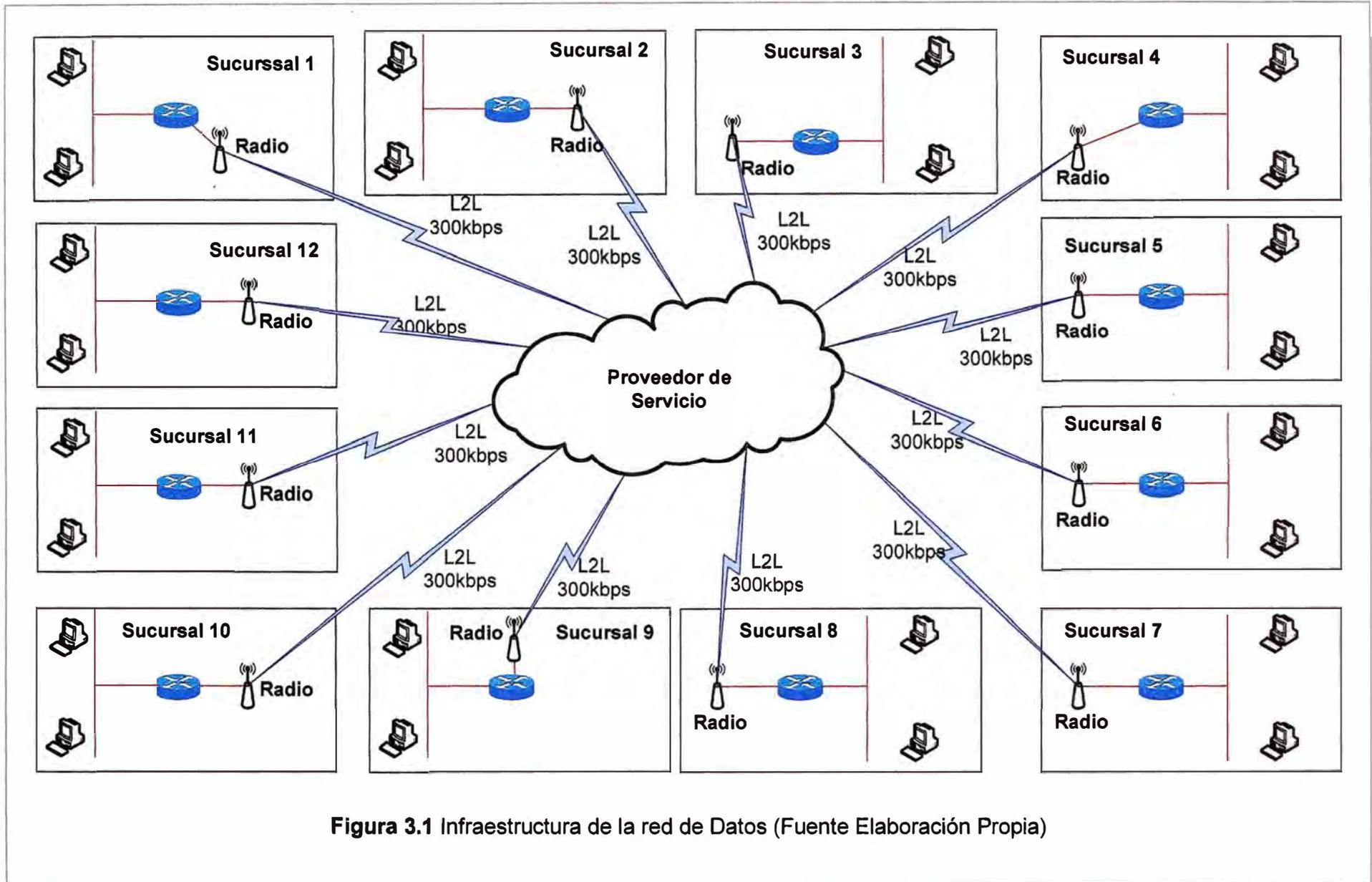


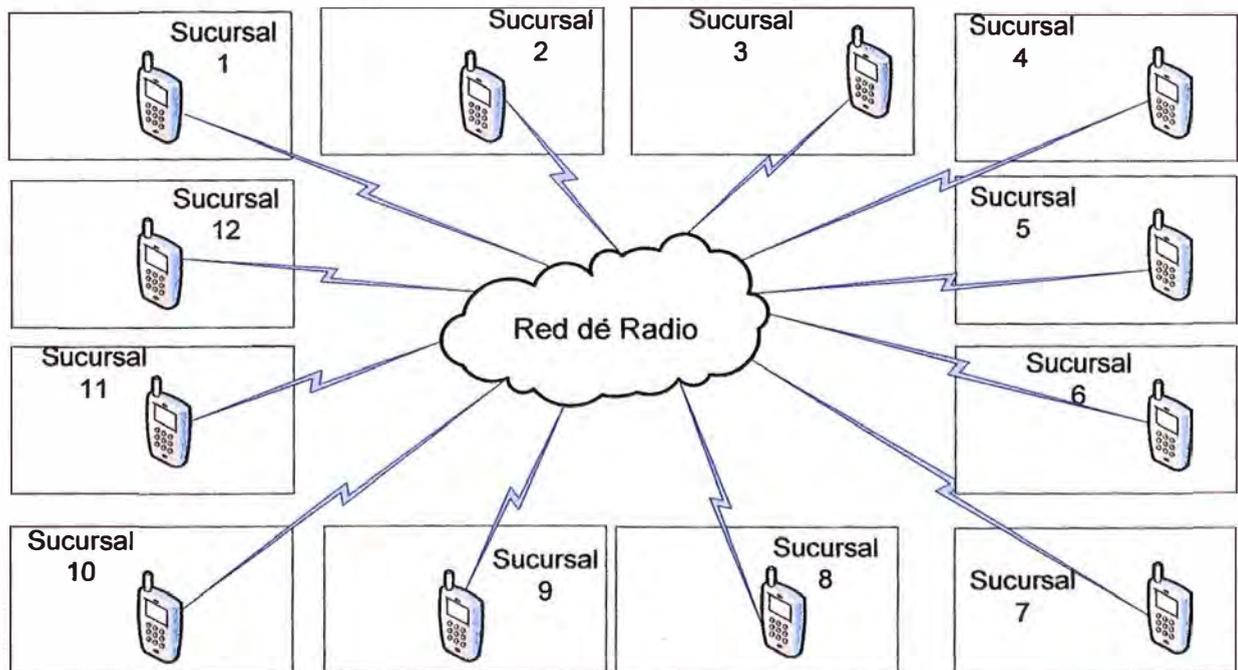
Figura 3.1 Infraestructura de la red de Datos (Fuente Elaboración Propia)

Tabla 3.1 Acuerdo de niveles de servicio –SLA (Fuente-Proveedor de Servicios)

| Concepto | Objetivo mensual | Penalidad | |
|--|------------------|-------------------------|----------------------|
| | | Rango | % RM (Renta mensual) |
| Pérdida de paquetes | 1.00 % | 1% < x% ≤ 5% | 10 |
| | | x% > 5% | 20 |
| Disponibilidad de servicio | 99.95 % | 99% ≤ x% < 99.95% | 05 |
| | | 98% ≤ x% < 99.00% | 10 |
| | | x% < 98.00% | 20 |
| Latencia (Delay) intrared | 30 ms | 30 ms < x ms ≤ 50ms | 10 |
| | | x ms > 50ms | 20 |
| MTTR (Tiempo promedio para restauración) | ≤ 3 horas | Por cada hora adicional | 5 |

3.1.2 Situación y requerimientos de la red de voz

La empresa utiliza para sus comunicaciones el servicio de radio, en el cual cada sede tiene asignado un equipo de radio para su comunicación entre ellas (Figura 3.2). Este sistema les permite la utilización de una tarifa plana por equipo para realizar sus operaciones, tales como consultas, coordinación, y pedidos. El sistema sin embargo tiene limitaciones puesto que, a pesar de tener la comunicación establecida, la calidad de las llamadas, tiempo de comunicación y claridad de las llamadas no es la más adecuada.

**Figura 3.2** Infraestructura de la red de Voz (Fuente Elaboración Propia)

En la Tabla 3.2 se muestra la medida de la calidad de la voz para comunicaciones móviles 2012-I, utilizando MOS, este parámetro es provisto por los operadores celulares, según se ordena en el “Reglamento de la Calidad de los servicios públicos de

telecomunicaciones”, Artículo 8.

Tabla 3.2 Medida de la calidad de la voz para comunicaciones móviles 2012-I (OSIPTTEL)

| Provincia | Distrito | Movistar(GSM) | Claro(GSM) | Nextel(IDEN-IX2) |
|------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|
| Lima | Lima | 2.86 | 2.71 | 3.35 |
| Callao | Callao | 2.98 | 3.04 | 3.16 |
| Callao | La Perla | 3.11 | 2.88 | 3.17 |
| Callao | Ventanilla | 2.99 | 2.82 | 3.10 |
| Lima | Ate | 2.94 | 2.95 | 2.96 |
| Lima | Breña | 3.00 | 2.84 | 3.08 |
| Lima | Carabayllo | 2.98 | 2.94 | 2.96 |
| Lima | Chorrillos | 2.87 | 2.80 | 3.12 |
| Lima | Comas | 3.01 | 2.97 | 3.02 |
| Lima | El Agustino | 2.99 | 2.46 | 3.21 |
| Lima | Independencia | 2.98 | 3.00 | 3.33 |
| Lima | La Molina | 2.94 | 2.45 | 3.06 |
| Lima | La Victoria | 2.84 | 2.58 | 3.34 |
| Lima | Los Olivos | 2.97 | 2.90 | 3.29 |
| Lima | Lurigancho | 2.97 | 2.99 | 3.37 |
| Lima | Miraflores | 2.84 | 2.89 | 3.08 |
| Lima | Puente Piedra | 2.98 | 3.10 | 3.34 |
| Lima | Punta Hermosa | 3.28 | 3.01 | 3.30 |
| Lima | Rímac | 2.96 | 2.66 | 3.15 |
| Lima | San Borja | 3.12 | 2.94 | 3.29 |
| Lima | San Juan de Lurigancho | 3.02 | 2.83 | 3.29 |
| Lima | San Martín de Porres | 3.00 | 3.04 | 3.16 |
| Lima | San Miguel | 2.95 | 3.03 | 3.27 |
| Lima | Santa Anita | 2.99 | 2.82 | 2.75 |
| Lima | Santiago de Surco | 2.78 | 2.96 | 3.15 |
| Lima | Villa el Salvador | 2.75 | 2.63 | 3.12 |
| Lima | Villa María del Triunfo | 2.89 | 3.03 | 3.30 |
| promedio | | 2.96 | 2.86 | 3.17 |

Por lo expuesto, es que se requiere una alternativa para mejorar el proceso de la comunicación, el cual es crítico para cualquier coordinación de los procesos de ventas y consultas. Además la comunicación actual se ve afectada notoriamente cuando hay lluvia, lo cual es común en sistemas que usen transmisiones inalámbricas, complicando la calidad de las llamadas, podemos obtener el MOS promedio para el operador Nextel = 3.17(según OSIPTTEL [13]).

3.2 Alternativas de solución

En el presente informe, se plantean posibles soluciones, escogiéndose la más adecuada, principalmente la que no consuma un ancho de banda apreciable para que degrade la calidad de la red, y además tenga una calidad de audio mejor que en la red actual a un precio adecuado.

Basado en los requerimientos de lograr una comunicación fluida y una calidad adecuada, existen muchas posibilidades de lograr una calidad adecuada de comunicación, por lo que se plantea numerosas alternativas para posteriormente escoger la que mejor se adapte a las necesidades de la empresa, como la implementación de un teléfono fijo en cada sucursal, utilizar a otro proveedor de servicio inalámbrico, y la utilización de la transmisión de la voz sobre IP.

3.2.1 Implementación de un teléfono fijo en cada sucursal

En esta solución se plantea la utilización de un teléfono fijo con línea dedicada en cada local. Esta solución permite la mejor calidad de voz, la cual está considerada con una calidad MOS=4.1 [14], y un MOS de 4.4 [15], ya que estas medidas son subjetivas y dependen de las pruebas realizadas, por lo que simplemente se las considerarán como medidas de buena calidad, lo cual a algo más que BUENO.

En esta solución se debe pagar por cada teléfono instalado en cada sucursal, con tarifas que permita comunicación sin restricciones entre las sedes: Tarifa Plana Local= S/. 78.34 soles/mes [16]. Por lo que el costo operativo mensual para las 12 sucursales sería de S/.940.00 por mes.

3.2.2 Cambio de operador móvil

Esta solución plantea el uso de otro operador móvil en vez del actual, con sus planes respectivos. Se tienen dos opciones para el cambio de operador móvil, uno es con la empresa Claro y su Red Privada conocida como RPC, y la otra opción es con la empresa Movistar y su Red Privada conocida como RPM. Ambas me ofrecen tarifas planas entre todos sus celulares, sin embargo en el tema de calidad de voz promedio en Lima metropolitana, son bastante parecidos, véase (osiptel), siendo su calidad de voz la mostrada en la Tabla 3.3 [13].

Tabla 3.3 Calidad de Voz promedio (Fuente: Ref. [13])

| Movistar | Claro | Nextel |
|-----------------|--------------|---------------|
| 2.96 | 2.86 | 3.17 |

De la tabla se puede concluir que si se desea establecer el servicio utilizando los otros operadores, la calidad de la voz para las llamadas es inclusive peor que la actual.

De la Tabla 3.4 [17][18][19], se observa un costo similar entre la RPC y la RPM, a diferencia de la red de Radio de Nextel, en donde se observa un costo de más del doble.

Tabla 3.4Costos de telefonía móvil (Fuente: Ref. [17] [18][19]):

| Plan | Costo |
|----------------|---------------------|
| Nextel+35IC | s/. 92.75 soles/mes |
| RPC Total 39 | s/. 39 soles/mes |
| RPM mediana 35 | s/. 35 soles/mes |

3.2.3 Opciones de Implementación de telefonía VoIP

En esta opción se utiliza un servidor a dedicación exclusiva que cumple la función de la conmutación de las llamadas, pero sobre IP, el cual se encarga del establecimiento, mantenimiento y finalización de las llamadas.

Existen numerosas plataformas utilizadas para la implementación de esta central telefónica, que para el caso de estudio se las llamará "agente de llamadas" Ver Figura 3.3. Para ello se tiene la posibilidad de utilizar un PBX con tecnología Propietaria, un Servidor Asterisk, una PBX con Asterisk o un CME (Call Manager Express) de Cisco. Sea para el caso que se utilice la priorización y calidad de servicio son las misma.

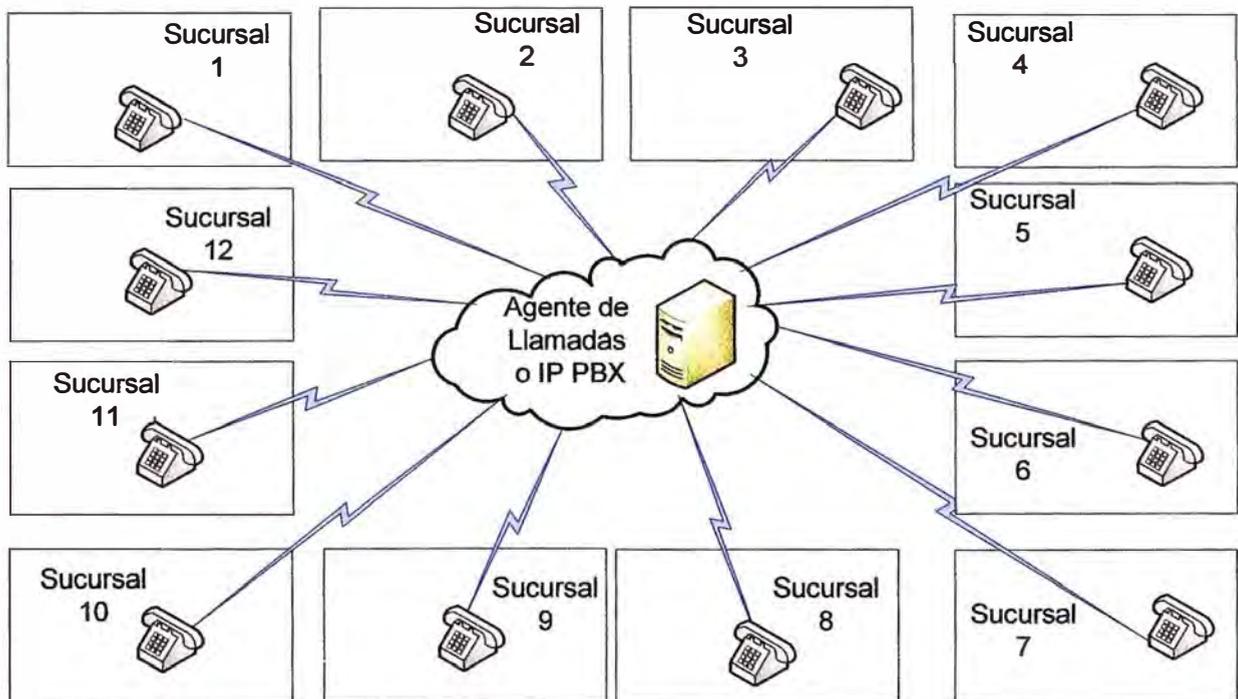


Figura 3.3Infraestructura de una red de VoIP(Fuente: Elaboración Propia)

a. Telefonía VoIP con IP PBX propietaria

Para este caso se utiliza una central telefónica propietaria, con un sistema operativo, propietario, en donde cualquier actualización de software o mejora en el hardware, tiene que ser suministrada por el mismo fabricante, en ella los métodos de administración, y configuración son característicos de cada fabricante.

En general estas soluciones son muy confiables, pero son las más costosas. Estas centrales telefónicas tienen diferentes formas y puertos para ser utilizados para también conectarse a teléfonos analógicos y a la PSTN según sea la configuración del hardware.

Para lograr esta solución, se pueden utilizar las soluciones distribuidas por empresas como Lucent, Avaya, Cisco, etc.

b. Telefonía VoIP con un Servidor Asterisk

Para este caso, se utiliza un servidor a dedicación exclusiva, el cual debe estar optimizado para poder lograr hasta 12 usuarios conectados y llamando al mismo tiempo. Este servidor puede requerir la compra de tarjetas FXS, FXO, T1 ó E1 según sean las necesidades de comunicación con otros teléfonos analógicos, y con la red telefonía fija. Se requiere asimismo espacio mucho mayor que un dispositivo como una IP PBX para su ubicación, requiere además enfriamiento, monitoreo y mantenimiento continuo.

Al ser este servidor implementado utilizando software libre, el servicio implementado es gratuito, sin embargo los códecs especializados pueden tener un costo para poder ser integrados al sistema en producción.

c. Telefonía VoIP con un IP PBX con Asterisk incluido

Para este caso se utiliza un hardware con pequeño factor de forma, es decir una PBX el cual tiene por sistema operativo basado en Linux, con el servicio de Asterisk funcionando. Generalmente estas IP PBX traen la versión de Linux llamada como Elastix, la cual se implementa mediante una conexión HTTPS, para su administración y configuración. Son muy robustas y confiables, requiriendo menos mantenimiento que un servidor, su administración e instalación es muy sencilla incluyendo puertos FXS y puertos FXO, además de puertos T1, y E1 permitiendo la interconexión con la PSTN, y otros teléfonos analógicos. Entre los que tenemos de la marca Elastix y Xorcom.

d. Telefonía VoIP con CME de Cisco

Para este caso, se tienen dos opciones, la implementación de un servidor a dedicación exclusiva para atender las llamadas cuando se requieren más de 450 usuarios, o la implementación del servicio de CME en un router de la marca Cisco cuando se requiere de hasta 450 usuarios.

Este servicio tiene la facilidad de no requerir la implementación de nuevo hardware, sino utilizar los mismos routers para lograr el establecimiento de las llamadas sobre la red IP, por lo que no requiere un lugar adicional al que se encuentra el router en el cual se implementa el servicio.

Podría requerirse la inclusión de tarjetas FXS, FXO, T1, E1, si se necesitara de conectarse con un teléfono analógico o con la red de telefonía fija. Una de las características es que en este caso. Se utiliza un protocolo propietario para la conexión y negociación de la llamada, llamado SCCP

3.3 Selección de la opción de telefonía IP más adecuada

Para la selección de la alternativa más adecuada se consideran los factores más

importantes para el mejor análisis y decisión, dentro de los cuales se incluyen: Software Libre, costo, compatibilidad, teléfonos IP, confiabilidad, Facilidad de Monitoreo, requerimientos de espacio adicional para su ubicación en el centro de datos, puertos incluidos, mantenimiento, mejora de la calidad, costo, complejidad de instalación.

Nota: se busca una solución que mejore la calidad de la voz, sin embargo se podría mantener algunos de los de la red actual existentes para coordinar con parte de la red proveedores y distribuidores.

A continuación, la Tabla 3.5 muestra las capacidades soportadas por los Router [20].

Tabla 3.5 Capacidades soportadas por los Router (Fuente: Ref. [20])

| Plataformas soportadas y especificaciones de memoria | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Plataforma Cisco | Máximo de Teléfonos IP SIP | Máximo de Teléfonos IPSCCP | RAM Recomendada | Flash Recomendada |
| Cisco 1861 | 12 | 12 | 256 MB | 128 |
| Cisco 2801 | 25 | 25 | 1GB | 128 |
| Cisco 2811 | 35 | 35 | 1GB | 128 |
| Cisco 2821 | 50 | 50 | 1GB | 128 |
| Cisco 2851 | 100 | 100 | 1GB | 128 |
| Cisco 2901 | 35 | 35 | 1GB | 256 |
| Cisco 2911 | 50 | 50 | 1GB | 256 |
| Cisco 2921 | 100 | 100 | 1GB | 256 |
| Cisco 2951 | 150 | 150 | 1GB | 256 |
| Cisco 3270 | 48 | 48 | 256 MB | 64 |
| Cisco 3825 | 175 | 175 | 1GB | 128 |
| Cisco 3845 | 250 | 250 | 1GB | 256 |
| Cisco 3925 | 400 | 400 | 1GB | 256 |
| Cisco 3925E | 350 | 350 | 1GB | 256 |
| Cisco 3945 | 450 | 450 | 1GB | 256 |

Por otro lado, en la Tabla 3.6 se muestra la comparación entre las diferentes soluciones para transmitir la voz. Con respecto a esta tabla es necesario precisar lo siguiente:

1. En el caso de la solución con CME, el costo del equipamiento inicial es nulo, si los routers de la red son Cisco, y del modelo adecuado
2. El códec G729, implementado sobre Asterisk, requiere el pago de licencia, se recomienda el códec de la empresa Digium
3. Los códecs G729 y GSM no son soportados en la versión básica del CME,

Luego de analizadas todas las alternativas se indicará la selección correspondiente.

Tabla 3.6 Comparación entre las diferentes soluciones para transmitir la voz (Fuente: Elaboración Propia)

| Tipo de Solución | Software Libre | Costo inicial del Equipamiento | Costo mensual aproximado, en 12 sucursales | Puertos para la Interconexión con otras redes | Teléfonos IP | Probabilidad de falla de los equipos | Monitoreo | Espacio Adicional para el Servidor | Calidad de la Voz (MOS) | Complejidad de Instalación | Codec Soportados |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------|--|---|-----------------|--------------------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Telefonía Fija | no | bajo | s/.940 | no | no | baja | no | no | buena | realizada por el proveedor | G711 |
| Cambio de Operador Movil | no | bajo | s/420 (Movistar) | no | no | alta | no | no | regular | no | GSM |
| Telefonía IP, con PBX propietaria | no | Alto | 0 | si | si, propietaria | baja | si | si, PBX | buena, regular | realizada por el proveedor | G711, G729, GSM |
| Telefonía IP, con Servidor Asterisk | si | Alto | 0 | si | si | media | si | si | buena, regular | si | G711, G729, GSM |
| Telefonía IP, con IP PBX con Asterisk | si | Alto | 0 | si | si | baja | si | Si | Buena, regular | medio | G711, G729, GSM |
| Telefonía IP, con CME | no | * | 0 | si | si, cisco | baja | si | no | Buena, regular | si | G711 |

Considerando la calidad de la voz en la solución, se descarta utilizar otro operador móvil para las llamadas, ya que la solución actual tiene la mejor calidad entre los 3 operadores móviles disponibles (MOS, tabla 3.2). Asimismo si se considera la solución utilizando la PSTN, esta tiene el problema de que requiere un costo mensual, el cual es considerable (940 soles por mes).

Respecto a todas las alternativas basadas en un servidor o IP PBX, se descartan las soluciones basadas en PBX propietarios, ya que dependen muchas veces de su propia tecnología, y hacen más difícil un escalamiento futuro.

Considerando las soluciones, basadas en un servidor Asterisk, o en un PBX con el software de Asterisk incorporado, se prefiere la solución basada en un PBX, ya que se dispone de menos partes móviles, con todos sus drivers ya instalados, lo que hace más sencilla su instalación, configuración, durabilidad y uso mínimo de espacio para ubicar la PBX.

Con respecto a la solución basada en equipos Cisco, es la que requiere un gasto mínimo en equipamiento, ya que todas las sucursales utilizan un router cisco para la interconexión entre sedes, para esta solución se requiere el reemplazo de un router 1841, por un router de la serie 2911, o un ISR 1861, para implementación del servicio de CME, sin embargo, los enlaces utilizados para la interconexión son solo de 300 Kbps, y el CME solo soporta el códec G711, en la comunicación entre los teléfonos IP y el servidor utilizando 87.2 Kbps de tráfico en un enlace Ethernet, por lo que se debe analizar el tráfico, antes de decidir por la solución presentada. Para el proyecto se empleará la solución basada en Cisco siempre y cuando luego del análisis, se pueda garantizar los 87,2Kbps requeridos.

3.4 Desarrollo de la solución

Con la solución escogida se puede así implementar el servicio de CME en uno de los routers cisco. Se escoge esta solución porque todos los equipos de la red del cliente y del proveedor son cisco, por lo que puede comunicarse utilizando sus protocolos propietarios, como el SCCP para negociar el proceso de establecimiento de llamadas, optimizando el uso de la Red.

Una segunda Razón es la escalabilidad futura, y al utilizar un router con más capacidades, también este router es capaz de soportar mayor tráfico, y servicios como VPNs, para que nuevas boticas del interior del país se conecten utilizando Internet. El costo es pequeño comparado con una factura mensual, y por experiencia las soluciones propietarias son más estables que las basadas en software libre.

A continuación se analiza el tráfico de la red actual, las debilidades y limitaciones de la solución escogida, además del dimensionamiento y la configuración.

La presente sección está organizada de la siguiente manera: Tráfico requerido para una llamada de voz y Tráfico requerido para el tráfico de datos; Distribución del tráfico de voz y datos; Limitaciones de la propuesta; Dimensionamiento.; Clasificación y marcado; Implementación y costos.

3.4.1 Tráfico requerido para una llamada de voz

El servicio de VoIP implementado sobre routers Cisco para la red interna se codifica en g711, lo que indica que se utilizará 64Kbps de tráfico para lograr la transmisión de la voz. Estos 64Kbps se transmiten en paquetes de 160bytes de voz, cada 20ms, es decir 50 paquetes por cada segundo.

Estos paquetes VoIP de 160bytes se encapsulan en el protocolo RTP, el cual le agrega una cabecera de 12bytes, esto a su vez se encapsula en un datagrama UDP con 8 bytes de cabecera, se encapsula luego en un paquete IP agregándole 20 bytes de cabecera, y finalmente se encapsula en una trama Ethernet que le agrega 18bytes de cabecera (Figura 3.4).

| | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Cabecera Ethernet (14bytes) | Cabecera IP (20bytes) | Cabecera UDP (8bytes) | Cabecera RTP (12bytes) | Voz G711 (160 bytes) | Cola Ethernet (4bytes) |
| Tamaño de un encapsulado de Voz G711 = 14+20+8+12+160+4= 218bytes | | | | | |

Figura 3.4 Tamaño de un paquete de voz (Fuente Elaboración Propia)

Por lo que se puede calcular los bits requeridos para su transmisión utilizando G711

$$\text{bps}_{\text{voz}} = 218\text{bytes} \times 50\text{pps} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}} = 87.2\text{kbps} \quad (3.1)$$

3.4.2 Tráfico requerido para el tráfico de datos

Las consulta sobre el proceso de ventas se realiza desde una interface en los terminales hacia la base de datos que se encuentra en un servidor, ubicado en las instalaciones del proveedor de servicio, esta base de datos esta implementada en SQL, su tráfico no es constante, es variable, dependiendo de las consultas realizadas.

Para poder estimar el tráfico realizado en las sucursales se realizó la prueba en modelo desarrollado, específicamente para estimar al tráfico requerido para las consultas de SQL, con un contenido y cantidad de respuestas en pantalla, y campos similar al utilizado en las sucursales, tratando de repetir el proceso que realiza el personal de ventas. Para el análisis se capturó el intercambio de tráfico, para lo cual se utilizó un analizador de tráfico llamado Wireshark (Figura 3.5).

De la captura realizada se puede obtener cual es el intercambio de trafico pico, entre 35 y 40Kbps, que es el que se utilizará para estimar los requerimientos de cantidad de bits necesarios para el proceso de venta de los medicamentos.

Captura Trafico sqlpcapng [Wireshark 1.6.5 (SVN Rev 40429 from /trunk-1.6)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: tcp.stream eq 4 Expression... Clear Apply

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|--------------|--------------|--------------|----------|--------|---|
| 7 | 20.148469000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TCP | 66 | 49788 > ms-sql-s [SYN] Seq=0 win=8192 Len=0 MSS=1460 wS=256 SACK_PERM=1 |
| 8 | 20.148930000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TCP | 66 | ms-sql-s > 49788 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=8192 Len=0 MSS=1460 wS=256 SACK_P |
| 9 | 20.149027000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TCP | 54 | 49788 > ms-sql-s [ACK] Seq=1 Ack=1 win=65536 Len=0 |
| 10 | 20.151206000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TDS | 101 | TDS7 pre-login message |
| 11 | 20.151904000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 97 | Response |
| 12 | 20.153410000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TDS | 173 | TDS7 pre-login message |
| 13 | 20.154938000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 664 | TDS7 pre-login message |
| 14 | 20.155633000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TDS | 260 | TDS7 pre-login message |
| 15 | 20.161233000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 121 | TDS7 pre-login message |
| 16 | 20.163110000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TDS | 379 | Unknown Packet Type: 23 |
| 17 | 20.166252000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 489 | Response[Malformed Packet] |
| 18 | 20.169457000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TCP | 270 | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 19 | 20.172427000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 871 | Response[Malformed Packet] |
| 20 | 20.187292000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TCP | 190 | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 21 | 20.189860000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 358 | Response[Malformed Packet] |
| 22 | 20.388312000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TCP | 54 | 49788 > ms-sql-s [ACK] Seq=1050 Ack=2277 win=65280 Len=0 |
| 23 | 24.301155000 | 192.168.1.33 | 192.168.1.34 | TCP | 140 | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 24 | 24.301916000 | 192.168.1.34 | 192.168.1.33 | TDS | 130 | Response |

+ Frame 8: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits)
 + Ethernet II, Src: vmware_21:94:9e (00:0c:29:21:94:9e), Dst: Sony_ce:82:4e (78:84:3c:ce:82:4e)
 + Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.34 (192.168.1.34), Dst: 192.168.1.33 (192.168.1.33)
 + Transmission Control Protocol, Src Port: ms-sql-s (1433), Dst Port: 49788 (49788), Seq: 0, Ack: 1, Len: 0

```

0000  78 84 3c ce 82 4e 00 0c 29 21 94 9e 08 00 45 00  x.<..N..)!...E.
0010  00 34 02 71 40 00 80 06 74 bf c0 a8 01 22 c0 a8  .4.q@...t...."
0020  01 21 05 99 c2 7c af 71 6a 0e 24 f8 a6 7a 80 12  .!...|.q f.$..z..
0030  20 00 1e 64 00 00 02 04 05 b4 01 03 03 08 01 01  .d.... .....
0040  04 02  ..
  
```

File: "C:\Users\Jose\AppData\Local\Temp\Rar\$D... Packets: 78 Displayed: 63 Marked: 0 Load time: 0:00:007 Profile: Default

Figura 3.5 Captura de Trafico de consultas a un servidor SQL(Fuente Elaboración Propia)

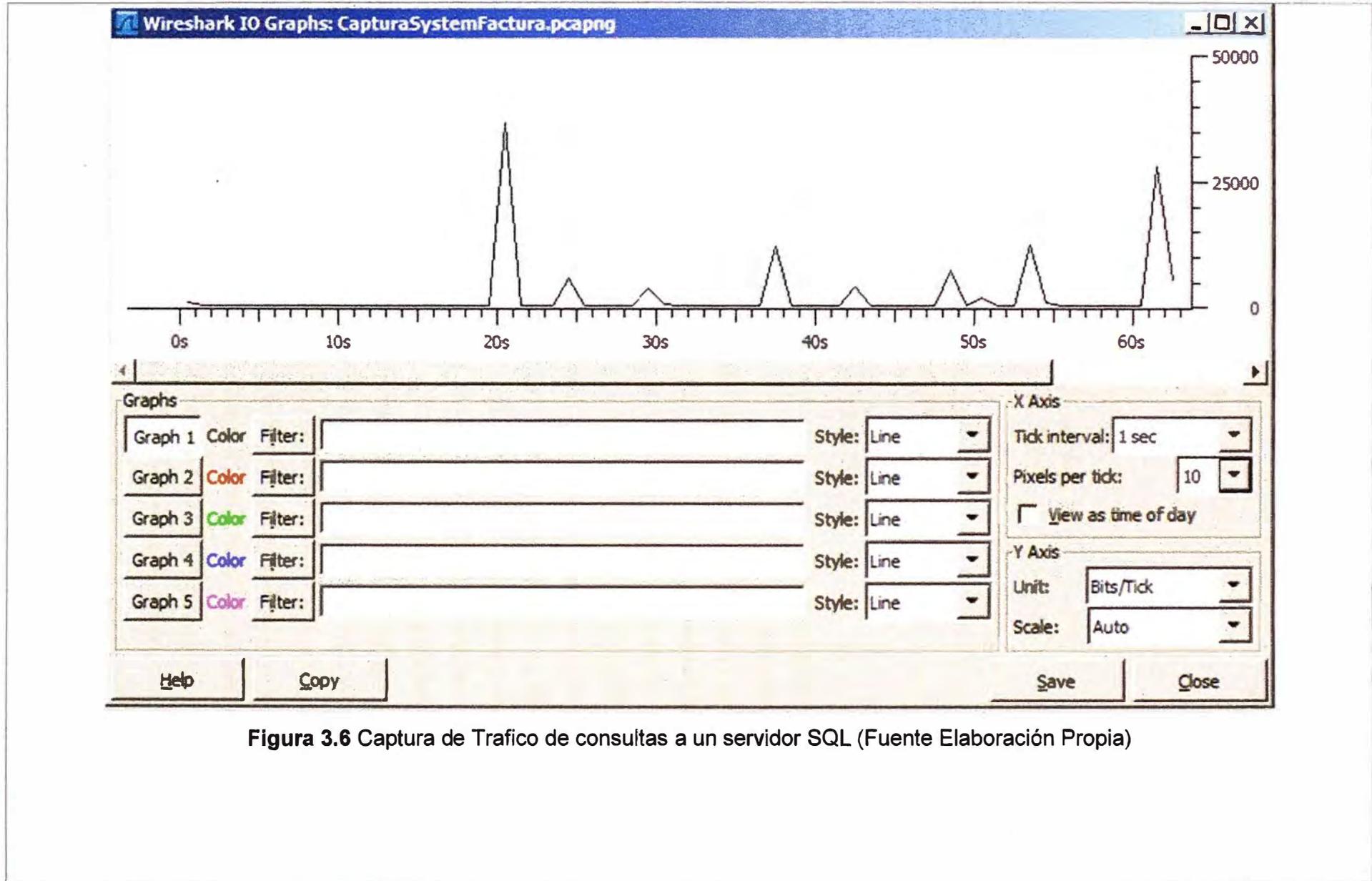


Figura 3.6 Captura de Trafico de consultas a un servidor SQL (Fuente Elaboración Propia)

De donde se puede predecir que un terminal puede requerir de hasta 40kbps para realizar sus consultas de manera normal, y 120kbps para los 3 terminales que pueden disponer las agencias de cobros. Y esto solo sucedería si los terminales consultan al mismo tiempo, de donde deducimos que los que requiere para los datos es 120kbps.

3.4.3 Distribución del tráfico de voz y datos

De lo calculado en la parte 3.4.1 y 3.4.2: se observa que se requiere al menos 87.2kbps para la voz y al menos 120kbps para el tráfico de datos. El tráfico de voz es un tráfico constante que siempre va a tener 87.2kbps, durante una llamada, a diferencia del tráfico de datos el cual varía entre consulta y consulta, por lo que en promedio requiere menos de los 120kbps, pero en los momentos de mayor carga estos datos deberían ser entregados rápidamente.

Por lo mencionado, para garantizar la voz será suficiente cumplir con el mínimo requerido, por lo que el tráfico excedente será asignado al intercambio de los datos para que se transmita lo más rápido posible y sus ráfagas sean recibidas lo más rápido posible, y luego no haya tráfico de datos hasta una nueva consulta.

Por lo expuesto se utilizará 100 kbps para el tráfico de la voz, y 200 kbps para los datos, sin embargo cuando no haya llamadas, la capacidad de la voz debería utilizar toda la capacidad del enlace para lo cual se utilizaremos "auto QoS", que es una herramienta que me permite manejar por prioridades mediante la aplicación de QoS y el reconocimiento del tráfico de voz.

LaFigura3.7 muestra distribución de la cola de 300 Kbps en porcentaje.

Cola de 300Kbps

| |
|--|
| 33% prioridad Tráfico de voz |
| 3% cola Señalización |
| %restante Consultas a la Base de datos |

Figura 3.7 Distribución de la cola (Elaboración Propia)

3.4.4 Limitaciones de la propuesta

Los dispositivos utilizados en la red actual consisten en 13 routers Cisco de la plataforma 1841, y en cada sede se ubica un switch Cisco de la serie 2950, sin embargo el servicio de CME requiere el uso de un router de una serie superior, el cual puede ser de la serie 1861 o router de la serie 2911. Se sugiere la utilización del router 2911, por su menor costo, y capacidad de permitir un crecimiento futuro.

Al utilizar el CME como solución, los teléfonos IP deben ser compatibles con el protocolo de comunicación utilizado para los paquetes de voz (SCCP), por lo que los teléfonos a comprar también deben ser Cisco, incluyéndose en el precio la garantía (SMARTNet). Los teléfonos SCCP, permiten que el usuario los conecte, y estos teléfonos serán configurados desde el CME, asignándoles dirección IP, máscara de red, Gateway, servidor TFTP, configuración y número de la extensión.

Los teléfonos IP, se deben ubicar en una posición fija debiendo utilizarse canaletas para el cableado eléctrico, y para el cableado de red

3.4.5 Dimensionamiento

Para la implementación de la red debe reemplazarse el router 1841, ubicado en el punto central, por un router de la serie 2911, ya que el router 1841 no soporta el servicio de CME.

Se debe configurar los routers de las sucursales para permitir el reenvío de las solicitudes DHCP hacia el CME, el cual les entregará las direcciones IP adecuadas.

Se debe asignar la mayor prioridad al tráfico de voz, para eso se deben clasificar los paquetes, modificar las colas y conformar el tráfico. Asignándose el tráfico de voz a la cola más rápida.

Se debe colocar una toma eléctrica y un punto de telecomunicaciones para cada teléfono a implementar, el cual será uno en cada oficina.

3.4.6 Clasificación y Marcado

Los paquetes deben ser clasificados para aplicarle las políticas deseadas y ser colocados en la cola. Es necesario establecer el mecanismo de selección de los paquetes para su posterior envío a la cola. Las alternativas son seleccionar los paquetes en función a los campos DSCP de la cabecera IP o seleccionarlos en función al tipo de puerto utilizado (RTP).

- Clasificación en base a DSCP de la Cabecera IP.- Esta sería la opción deseada si toda la red trabajara con calidad de servicio, sin embargo, la red de transporte la maneja una empresa privada, y esta podría estar haciendo remarcado de los campos DSCP para evitar que los paquetes enviados por sus clientes compitan con los de los otros clientes, por tal motivo no sería una opción adecuada

- Clasificación en base a RTP.- Esta clasificación se realiza en función al protocolo de la capa de transporte (UDP) y a los puertos utilizados. De esta manera el router identifica los paquetes para su posterior marcado y envío a la cola. De esta manera se concluye que esta es la opción recomendada.

3.4.7 Implementación y costos

A continuación se detallan los pasos para la implementación de la solución así como el costo involucrado:

a. Equipamiento y costo

Para tener el equipamiento necesario para la solución se debe adquirir 12 teléfonos IP Cisco del modelo 6901 [21] y un router cisco del modelo 2911 [22].



Figura 3.8 Teléfono IP Cisco 6901 (Fuente: Fabricante)

Tabla 3.9 Características básicas Cisco 6901G (Fuente: Fabricante)

| Especificación | Descripción |
|-------------------------------|---|
| Dimensiones | 205 x 94 x 46 mm |
| Peso | 650 g |
| Temperatura operación | -5°C a 45°C |
| Humedad relativa | 95% +-5% |
| Energía | 48VDC |
| Conectividad | 10/100 wired Ethernet network port |
| Memoria | 8 MB |
| Codecs de compresión de audio | G.711a, G.711u, G.729a, G.729ab and iLBC, decode G.711a, G.711u, G.729, G.729a, G.729ab and iLBC. |
| Protocolo de señalización | Skiny Client Control Protocol (SCCP) y Session Initiation Protocol (SIP) |

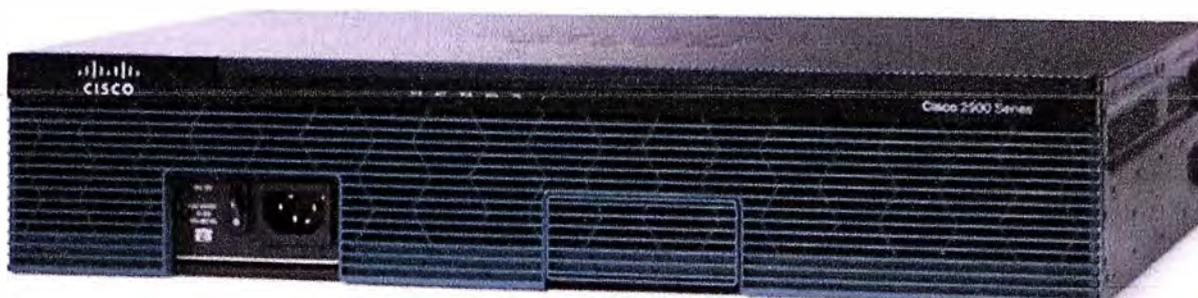


Figura 3.9 Router Cisco 2911 (Fuente: Fabricante)

Tabla 3.10 Características básicas Cisco 2911G (Fuente: Fabricante)

| Especificación | Descripción |
|---------------------------|--|
| Protocolos | IPv4, IPv6, Static Routes, Open Shortest Path First (OSPF), Enhanced IGRP (EIGRP), Border Gateway Protocol (BGP), BGP Router Reflector, Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS), Multicast Internet Group Management Protocol (IGMPv3) Protocol Independent Multicast sparse mode (PIM SM), PIM Source Specific Multicast (SSM), Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP), IPsec, Generic Routing Encapsulation (GRE), Bi-Directional Forwarding Detection (BFD), IPv4-to-IPv6 Multicast, MPLS, L2TPv3, 802.1ag, 802.3ah, L2 and L3 VPN |
| Encapsulación | Ethernet, 802.1q VLAN, Point-to-Point Protocol (PPP), Multilink Point-to-Point Protocol (MLPPP), Frame Relay, Multilink Frame Relay (MLFR) (FR.15 and FR.16), High-Level Data Link Control (HDLC), Serial (RS-232, RS-449, X.21, V.35, and EIA-530), Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE), and ATM |
| Administración de tráfico | QoS, Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ), Weighted Random Early Detection (WRED), Hierarchical QoS, Policy-Based Routing (PBR), Performance Routing (PfR), and Network-Based Advanced Routing (NBAR) |
| IP SLA | Cisco IOS IP Service-Level-Agreements (SLAs) permite asegurar aplicaciones críticas para el negocio, así como servicios que usan datos, voz y video en una red IP. |
| SNMP RMON | Soporte SNMP, Remote Monitoring (RMON), syslog, NetFlow, y TR-069. |

La siguiente es la cotización del equipamiento

Tabla 3.11 cotización del equipamiento (Fuente: <http://www.senetic.pe/>)

| unidades | elemento | costo unitario (soles) | costo total (soles) |
|----------|---------------------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | CISCO2911-SEC/K9 | 4592 | 4,592 |
| 12 | CP-6921-C-K9 | 342 | 4,104 |
| 12 | toma eléctrica, red y canaletas | 180 | 2,160 |
| total | | | 10,856 |

Esta solución tiene un costo de S/10,856.00 para su implementación con una

expectativa de al menos 10 años, lo que implica que al mes le costaría a la empresa el equivalente a 90 soles mensuales para toda la red

b. Instalación configuración

Para la instalación del nuevo router se debe realizar en horas que varían desde las 10pm hasta las 8 am de la mañana, ya que en ese horario no se utiliza la base de datos.

El procedimiento es el siguiente:

- Acceder al router mediante la consola y realizar una copia de seguridad de la configuración en un bloc de notas, utilizar *show running-config* para obtener la configuración(Anexos)
- Retirar el router 1841 de la sede central
- Colocar el router 2911 en la sede central
- Desde el bloc de notas obtenido en pegar la configuración en la consola del nuevo router, corregir la sintaxis para las interfaces de f0/0 a g0/0
- Configurar el CME, para el cual se usara el siguiente código (AnexoC, en el Anexo B se muestra la plantilla de configuración del equipo antes de la solución).
- Acceder a la interface g0/0, g0/1 e inicializarla utilizando para esto el comando *no shutdown*
- Agregar la configuración para garantizar la calidad de servicio.
- Guardar la configuración realizada el nuevo router con *copy running-config startup-config*
- Verificar que la configuración sea la misma que en el bloc de notas y que las interfaces estén activas.

Para configurar los router se realizara un acceso remoto via telnet o SSH, y se configurará el Agente Relay. El procedimiento es el siguiente:

- Acceder a cada router de cada sucursal utilizando SSH
- Acceder a la interface conectada a la red LAN f0/0, verificando que sea la interface correcta y agregar el comando *ip helper-address 172.16.0.227*
- Agregar la configuración para garantizar la calidad de servicio
- Guardar la configuración realizada el nuevo router con el comando *copy running-config startup-config*.
- Repetir los tres primeros pasos para todos los routers de las sucursales

Para la Instalación de los teléfonos se debe realizar la instalación de las canaletas, punto de telecomunicaciones y toma de energía, en cada sucursal.

Para probar la correcta instalación del teléfono, deben mostrar en pantalla el número de anexo asignado, para esto verificar que este encendido y conectado a la red.

Realizar llamadas desde los teléfonos instalados, entre las extensiones asignadas

101-112, y evaluar la calidad de llamadas, las cuales deben ser claras y no tener cortes.

3.5 Pruebas de calidad

Para la realización de las pruebas de calidad debemos escoger entre los mecanismos de evaluación de la calidad de llamadas: el uso de PESQ, Modelo E o el ICPIF, los cuales son objetivos y se pueden calcular a partir de los parámetros de la red.

El uso del modelo PESQ implica que se tiene que usar el código en C facilitado por la ITU pero las estaciones que realizan las ventas no deben tener ningún software adicional al utilizado para la parte comercial, por lo que no se utilizará. Para utilizar el Modelo E, se tiene que programar en función a las ecuaciones provistas por la recomendación de la ITU G107, la cual no requiere equipos adicionales, solo parámetros de red. El uso del modelo ICPIF es equivalente al Modelo E en calidad, Teniendo por característica que el ICPIF se puede medir directamente los router de la marca Cisco ya instalados. Lo que solo se requiere es configurarlos. Tanto el modelo E y el modelo ICPIF, me permiten predecir el MOS de manera objetiva, con lo cual se puede comparar ambos modelos, y tener una medida con mayor precisión

3.5.1 Pruebas de calidad utilizando el modelo ITU G.113

El cálculo del ICPIF se realiza utilizando un modelo desarrollado por Cisco, ya que en el estándar de la ITU no se detalla cómo se obtienen los parámetros utilizados para realizar los cálculos. Las pruebas de calidad se realizan midiendo los retardos y las pérdidas de paquetes, es decir parámetros comúnmente medidos en una red IP.

Para el monitoreo del rendimiento de la voz se utiliza IP SLA, la cual es una tecnología de Cisco, utilizada para recopilar datos de la red, tales como Retardo, Sesgo de Retardo y pérdida de paquetes, enviando sondas que emulan ser el tráfico deseado. Los IP SLA, incluyen marcas de tiempo utilizados para estimar los retardos.

Para emular la calidad de la red del tráfico de voz, se envía una ráfaga de paquetes conteniendo datagramas UDP con los puertos usados en voz, del tamaño y duración equivalente a la requerida por el códec.

Los cálculos a obtenerse se logran directamente como un resultado entre los equipos involucrados en el proceso, se debe definir un dispositivo emisor y un dispositivo receptor, y ambos deben ser compatibles con el envío y recepción de los IP SLA. Enviándose los paquetes durante un periodo de tiempo y una cantidad de paquetes definidos por el operador. Estas pruebas deben realizarse entre dos routers de las sucursales que se desea realizar la estimación de la calidad. Adicionalmente el MOS también es calculado a partir de las pruebas realizadas [24].

Para elaborar estadísticas sobre la pérdida de paquetes, retardo y sesgo de retardo, los router cisco tienen parámetros definidos en base a 3 códec para calcular la calidad de

la llamada. Ver Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Niveles de Calidad como función del ICPIF (Fuente: Ref. [23])

| Codec | Tamaño requerido por defecto (Carga útil) (s) | Intervalo entre paquetes por defecto (t) | Número de paquetes por defecto(n) | Frecuencia de Operaciones de prueba (f) |
|-------------------------|---|--|-----------------------------------|---|
| G.711 mu-Law (g711ulaw) | 160 + 12 RTP bytes | 20 ms | 1000 | 1 cada minuto |
| G.711 A-Law (g711alaw) | 160 + 12 RTP bytes | 20 ms | 1000 | 1 cada minuto |
| G.729A (g729a) | 20 + 12 RTP bytes | 20 ms | 1000 | 1 cada minuto |

El cálculo de del ICPIF se basa primariamente en dos factores principales que pueden afectar la calidad, el retardo en los paquetes y la pérdida de los paquetes, con los cuales se puede calcular la calidad de la Voz [24].

Para calcular el ICPIF, los factores relacionados a los retardos y a la pérdida de paquetes se mantienen en la ecuación[2.2], mientras que los otros los despreciamos.[24]

$$\text{ICPIF} = I_{dd} + I_{e-A} \quad (3.2)$$

Los valores de ICPIF, I_{dd} , I_e , A pueden ser calculados en función al retardo, a los paquetes perdidos y al servicio de comunicación empleado [24].

La siguiente tabla muestra la equivalencia de los medidas MOS con las medidas de ICPIF [24] con las cuales es posible el cálculo del MOS, específicamente es una predicción de manera objetiva del MOS.

Tabla 3.14 Equivalencia de los medidas MOS con las medidas de ICPIF (Fuente: Ref.[24])

| MOS | Rango ICPIF |
|-----|-------------|
| 5 | 0 - 3 |
| 4 | 4 - 13 |
| 3 | 14 - 23 |
| 2 | 24 - 33 |
| 1 | 34 - 43 |

La siguiente tablas son utilizadas para calcular el le, el ldd y el A (3.15 a 3.17).

Tabla 3.15 Ejem. de medida de pérdida de paquetes para cálculo del le (Fuente: ref. [24])

| Pérdida de paquetes (Como porcentaje del número total de paquetes enviado) | Factor IE del equipamiento para el códec PCM (G.711) | Factor IE del equipamiento para el códec CS-ACELP (G.729A) |
|---|---|---|
| 2% | 12 | 20 |
| 4% | 22 | 30 |
| 6% | 28 | 38 |
| 8% | 32 | 42 |

Tabla 3.16 Ejemplo de correspondencia de retardo de un sentido con el ldd(Fuente. [24])

| Retardo de un solo sentido (ms) | ldd |
|--|------------|
| 50 | 1 |
| 100 | 2 |
| 150 | 4 |
| 200 | 7 |

Tabla 3.17 Valores máximos recomendados para el cálculo de A (Fuente. Ref. [24])

| Servicio de comunicación | Valor máximo de A |
|--|------------------------------|
| Cable convencional | 0 |
| Sistemas telefónicos móviles dentro de un edificio | 5 |
| Sistemas telefónicos móviles dentro de un área geográfica o moviéndose en un vehículo | 10 |
| Acceso a localizaciones difíciles de alcanzar (por ejemplo: vía múltiples saltos de conexiones satelitales)) | 20 |

Se debe realizar la configuración en el router para el análisis de VoIP ya que incluye el modelo G113 en su sistema operativo, por lo que no se requiere hardware o software adicional. A continuación se muestra un ejemplo de la configuración entre la sucursal 1 y la sucursal 2, en donde las medidas de calidad las se logran utilizando el códec g711 con un factor de ventaja de 2, considerando que no es una conexión de cable convencional pero tampoco es una red telefónica móvil, se decide el uso del factor de ventaja ya mencionado. Como el más adecuado a la realidad, ya que los enlaces hacia nuestras sucursales son inalámbricos. La Figura 3.10 muestra un esquema para las pruebas de calidad.



Figura 3.10 Esquema para las pruebas de calidad (Fuente: Elab. propia)

Sucursal 1

```
Router(config)# ip sla monitor 10
```

```
Router(config-sla)# type jitter dest-ipaddr 172.16.0.230 dest-port 16384 codec g711alaw
advantage-factor 5
```

```
Router(config)# ip sla monitor schedule 10 start-time now
```

```
Router(config)# exit
```

Sucursal 2

```
Router(config)# ip sla monitor responder
```

Comandos de Verificación en la Sucursal 1

```
Router# show ip sla monitor configuration 10
```

```
Router# show ip sla monitor statistics 10
```

De donde obtenemos un MOS de 3.60, el cual es bastante adecuado para una llamada de Voz IP, ya que se encuentra entre la calidad de Bueno y Regular, por lo que utilizando las definiciones

Las siguientes son las estadísticas obtenidas de las pruebas de calidad de la Voz. Para ello se aplica el comando `show ip sla monitor statistics` en el router

```
R#show ip sla monitor statistics
Round trip time (RTT) Index 10
  Latest RTT: 14 ms
Latest operation start time: 10:24:25.759 UTC Thu Nov 8 2012
Latest operation return code: OK
RTT Values
  Number Of RTT: 234
  RTT Min/Avg/Max: 12/45/197 ms
Latency one-way time milliseconds
  Number of one-way Samples: 0
  Source to Destination one way Min/Avg/Max: 0/0/0 ms
  Destination to Source one way Min/Avg/Max: 0/0/0 ms
Jitter time milliseconds
  Number of Jitter Samples: 52
  Source to Destination Jitter Min/Avg/Max: 1/20/188 ms
```

Destination to Source Jitter Min/Avg/Max: 1/41/232 ms

Packet Loss Values

Loss Source to Destination: 753 Loss Destination to Source: 11

Out Of Sequence: 0 Tail Drop: 2 Packet Late Arrival: 0

Voice Score Values

Calculated Planning Impairment Factor (ICPIF): 23

MOS score: 3.60

Number of successes: 4

Number of failures: 0

Operation time to live: 2711 sec

De lo anterior se puede apreciar que tal comando permite ver las estadísticas de: , Latencia de un solo sentido, el tiempo de jitter (sesgo de retardo), los valores de pérdida de paquetes, los resultados de voz y el MOS Voice Score Values (=3.60), el cual se ha calculado de manera objetiva, considerándolo como perceptible y algo molesto, pero para los usuarios acostumbrados a realizar llamadas con una calidad menor, será adecuada.

3.5.2 Pruebas de calidad utilizando el Modelo E

El cálculo del MOS requiere una serie de parámetros, muchos de los cuales los tendremos que asumir (anexo D), ya que los datos que se tienen son basados en retardo y pérdida de paquetes, se pueden estimar en función al nivel de acuerdo de servicio que ofrece el proveedor de servicio. Se debe calcular R_o , I_s , I_d , I_e , eff , A ; parámetros necesarios desarrollar la expresión mostrada anteriormente en la ecuación 2.3. Todos estos cálculos se realizarán en base al modelo definido por la ITU [30], en donde se encuentra las ecuaciones para el cálculo, utilizando el modelo E. y calcular finalmente R .

Utilizando las ecuaciones de la ITU G.107, considerando la pérdida de paquetes como promedio, de 0.5% y el retardo medio sentido promedio en 15ms, los cuales se encuentran dentro de los valores medios de operación para que el operador de servicios no se encuentre en un estado de penalidad según los acuerdos de nivel de servicio, aplicándolas en Matlab (Anexo E)], se obtiene:

$$R = 94.77 - 1.41 - 0.67 - 31.67 - 0 = 61.01 \quad (3.3)$$

Además se puede observar que el término que más afecta a la calidad es el factor de degradación efectiva del equipo (I_{e_eff}), término que depende de las pérdidas de paquetes.

Para predecir el MOS de manera objetiva podemos utilizar la siguiente expresión[30]

$$\text{Para } R < 0 \quad \text{MOS}_{CQE} = 1$$

$$\text{Para } 0 < R < 100 \quad \text{MOS}_{CQE} = 1 + 0.035R + R(R-60)(100-R) 7 \times 10^{-6} \quad (3.4)$$

$$\text{Para } R > 100 \quad \text{MOS}_{CQE} = 4.5$$

Utilizando el resultado en Matlab en la ecuación 3.4, se obtiene que el valor

numérico del MOS estimado, el cual es de 3.15, lo que nos indica una calidad aceptable para la transmisión de voz, Aunque es comparable con la utilizada por el operador de telefonía móvil,

Adicionalmente la ITU, permite comprobar este resultado con una calculadora, online, mostrando los valores de R y el MOS aunque no permite manejar el detalle de los parámetros de degradación específicos, estos detalles se muestran en el código desarrollado en Matlab.

En la Figura 3.11 se muestra los cálculos con los mismos valores utilizados, obteniéndose como resultado un valor de R de 61, y un MOS=3.15. Lo cual coincide con lo calculado al introducir las ecuaciones ITU en la herramienta Matlab.

The E-model

[E-model Home] [Tutorial]

E-Model (Version March 2005)

| Parameter | ID | Default | Value | Dimension |
|--------------------------------|--------|---------|----------------------------------|-----------|
| Electric Circuit Noise | Nc | (-70) | <input type="text" value="-70"/> | dBm0p |
| Noise Floor | Nfor | (-64) | <input type="text" value="-64"/> | dBmp |
| Room Noise (Send) | Ps | (35) | <input type="text" value="35"/> | dB(A) |
| Room Noise (Receive) | Pr | (35) | <input type="text" value="35"/> | dB(A) |
| Send Loudness Rating | SLR | (8) | <input type="text" value="8"/> | dB |
| Receive Loudness Rating | RLR | (2) | <input type="text" value="2"/> | dB |
| Sidetone Masking Rating | STMR | (15) | <input type="text" value="15"/> | dB |
| D-factor (Receive) | Dr | (3) | <input type="text" value="3"/> | |
| Listener's Sidetone Rating | LSTR | STMR+Dr | <input type="text" value="18"/> | dB |
| D-factor (Send) | Ds | (3) | <input type="text" value="3"/> | |
| Mean One-Way Delay | T | (0) | <input type="text" value="15"/> | ms |
| Absolute Delay from (S) to (R) | Ta | (=T) | <input type="text" value="15"/> | ms |
| Round-Trip Delay | Tr | (=2T) | <input type="text" value="30"/> | ms |
| Talker Echo Loudness Rating | TELR | (65) | <input type="text" value="65"/> | dB |
| Weighted Echo Path Loss | WEPL | (110) | <input type="text" value="110"/> | dB |
| Quantizing Distortion Units | qdu | (1) | <input type="text" value="1"/> | |
| Equipment Impairment Factor | Ie | (0) | <input type="text" value="0"/> | |
| Packet-loss Robustness Factor | Bpl | (1) | <input type="text" value="1"/> | |
| Packet-loss Probability | Ppl | (0) | <input type="text" value="0.5"/> | % |
| Burst Ratio | BurstR | (1) | <input type="text" value="1"/> | |
| Advantage Factor | A | (0) | <input type="text" value="0"/> | |

Results

| | | | |
|---------------------|---------------------|--|--|
| Calculated R-Factor | R | <input type="text" value="61.0"/> | <input type="button" value="calculate"/> |
| Mean Opinion Score | MOS _{calc} | <input type="text" value="3.15"/> | <input type="button" value="reset"/> |
| | Options | <input type="text" value="T=Ta=Tr/2"/> | |

This E-Model web PORT-ent was brought to you by X-fabric.com
Last update: 2008-06-02

Figura 3.11 Calculadora R, modelo E (Fuente: Referencia [31])

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El uso de las comunicaciones sobre IP, no degrada la calidad de los datos ya existentes, ya que el ancho de banda contratado excede lo requerido para su funcionamiento.
2. La red presenta una capacidad de crecimiento en cuanto a número de sucursales con teléfono incluido, debido que el router de la sede central puede atender a más teléfonos y el ancho de banda asignado a cada sucursal lo permite.
3. Si bien es cierto una solución basada en software libre tiende a ser más económica, no necesariamente es la que se debe aplicar, pues depende de la infraestructura del cliente y la preferencia del mismo.
4. De los análisis de calidad de las llamadas, la calidad a obtener es comparable e incluso superior a la calidad de la red actual, cuando se evaluó basándose en la recomendación G.113
5. De los análisis de calidad de las llamadas, la calidad a obtener es comparable a la ofrecida por la red de voz ya existente cuando se utiliza el Modelo E
6. El costo que se está pagando por la solución propuesta es de 90 soles mensual incluyendo todos los equipos, mientras que la red actual tiene un costo de 93 soles por mensual. Por cada equipo
7. La solución cumple con los requerimientos del cliente, siendo escalable pudiendo alcanzar hasta 50 sucursales con el incremento de la memoria RAM.
8. Al utilizar un router con más capacidad que el existente en la solución, permite inclusive agregar sucursales fuera de la red WAN privada mediante la adición de unas redes privadas virtuales mediante una conexión a internet.
9. La utilización de tecnología propietaria, limita muchas veces la compatibilidad con otros fabricantes. ya que se utiliza para las llamadas un protocolo propietario
10. La solución planteada tiene una expectativa de más de 10 años de duración
11. Las cabeceras ocupan una cantidad de trafico apreciable, pudiendo alcanzar en el caso de los paquetes de voz IP en tecnologías Ethernet hasta 54bytes por cada bloque de voz transmitido

12. Para el dimensionamiento de las capacidades a asignar a la transmisión de datos se debe dimensionar en función al tráfico en sus valores pico, y no en los valores promedio ya que el tráfico de datos depende mucho del uso respecto al tiempo
13. La utilización del tráfico utilizando las colas por prioridad y no por una capacidad fija, permite que el tráfico de datos pueda aprovechar mejor la red cuando no hay llamadas.
14. No fue necesario definir redes LAN virtuales, ya que la capacidad de la red LAN es mucho mayor que la que se utilizara para los datos y la voz, y solo son hasta 4 equipos por sucursal.
15. La administración, monitoreo y configuración, puede realizarse de manera remota
16. Los retardos ofrecidos por la red del proveedor, cumplen con lo requerido para el establecimiento de tráfico de voz.
17. Para la red estudiada, el parámetro que más afecta a la calidad de las llamadas de voz es la pérdida de paquetes.
18. Entre los dos métodos de cálculo se observa una diferencia en la calidad de las llamadas aceptable, siendo el más crítico el calculado por el Modelo E.

Recomendaciones

1. Se debe realizar un monitoreo periódico de la red a fin de mantener la calidad para la cual ha sido diseñada.
2. Se recomienda aumentar la capacidad de memoria RAM del router para un crecimiento futuro.
3. A fin de mejorar la estética respecto a las canaletas que transportan el cableado eléctrico entre los teléfonos y la toma eléctrica, se podría hacer uso de switches con PoE, permitiendo además soporte un futuro a otros dispositivos PoE como cámaras IP
4. Manejar una copia de seguridad de las configuraciones y de los sistemas operativos de cada router, antes y después del procedimiento.
5. Realizar medidas del MOS en diferentes estaciones del año, y horarios de atención, en donde el clima puede afectar las llamadas.

ANEXO A
DIRECCIONAMIENTO IP DE LA EMPRESA

A continuación se muestra el direccionamiento IP para la red de la empresa

Tabla A.1 Direccionamiento IP de la Empresa

| Sede | Dirección Red LAN | Interface LAN | Interface WAN | Descripción |
|--------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| Sede Central | 192.168.1.0 | 192.168.1.1 | 172.16.0.227 | |
| Sucursal 1 | 192.168.2.0 | 192.168.2.1 | 172.16.0.242 | red_Tupac_Amaru |
| Sucursal 2 | 192.168.3.0 | 192.168.3.1 | 172.16.0.240 | red_Francisco_Moreno |
| Sucursal 3 | 192.168.4.0 | 192.168.4.1 | 172.16.0.231 | red_La_Molina |
| Sucursal 4 | 192.168.5.0 | 192.168.5.1 | 172.16.0.229 | red_JC_Mariategui |
| Sucursal 5 | 192.168.6.0 | 192.168.6.1 | 172.16.0.228 | red_Nicolas_Pierola |
| Sucursal 6 | 192.168.7.0 | 192.168.7.1 | 172.16.0.234 | red_Ramon_Vargas |
| Sucursal 7 | 192.168.8.0 | 192.168.8.1 | 172.16.0.237 | red_Defensores_del_Morro |
| Sucursal 8 | 192.168.9.0 | 192.168.9.1 | 172.16.0.233 | red_Pardo |
| Sucursal 9 | 192.168.10.0 | 192.168.10.1 | 172.16.0.230 | red_Revolucion |
| Sucursal 10 | 192.168.11.0 | 192.168.11.1 | 172.16.0.232 | red_Aviacion |
| Sucursal 11 | 192.168.12.0 | 192.168.12.1 | 172.16.0.241 | red_Miguel_Iglesias |
| Sucursal 12 | 192.168.13.0 | 192.168.13.1 | 172.16.0.239 | red_Javier_General_Alvarez |

ANEXO B
CONFIGURACIÓN PREVIA A LA SOLUCIÓN

```

#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 4642 bytes
!
version 12.4
service tcp-keepalives-in
service tcp-keepalives-out
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec localtime show-timezone
service password-encryption
!
hostname CI001227
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging buffered 4096 debugging
no logging console
enable secret 5 $1$CPuO$NIJ0L3GRZG/05iD.ZQQh80
!
aaa new-model
!
!aaa authentication login default local
!
aaa session-id common
clock timezone pe -5
no ip source-route
ip cef
!
!!
  o ip bootp server
ip domain name optical.com.pe
ip name-server 190.12.72.226
ip name-server 190.12.72.227
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
!
!username operador privilege 15 secret 5 $1$dEXA$pcQhj4DXzcoe/5.bsh3Vx/
!
!
ip ssh version 2
!
  lass-map match-all LIMIT-SHAPE
  match access-group 111
!
policy-map POLICY-SHAPE-LINK
  class LIMIT-SHAPE
    shape average 4000000
!!
interface FastEthernet0/0
  description Interface WAN para el servicio de L2L
  bandwidth 4000
  ip address 172.16.0.227 255.255.255.224

```

```
no ip proxy-arp
ip nbar protocol-discovery
duplex auto
speed auto
service-policy output POLICY-SHAPE-LINK
!
interface FastEthernet0/1
description Interface LAN para cliente Cadena de boticas
bandwidth 4000
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
ip nbar protocol-discovery
service-policy output POLICY-SHAPE-LINK
!
ip forward-protocol nd
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.0.242 name red_Tupac_Amaru
ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 172.16.0.240 name red_Francisco_Moreno
ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 172.16.0.231 name red_La_Molina
ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 172.16.0.229 name red_JC_Mariategui
ip route 192.168.6.0 255.255.255.0 172.16.0.228 name red_Nicolas_Pierola
ip route 192.168.7.0 255.255.255.0 172.16.0.234 name red_Ramon_Vargas
ip route 192.168.8.0 255.255.255.0 172.16.0.237 name red_Defensores_del_Morro
ip route 192.168.9.0 255.255.255.0 172.16.0.233 name red_Pardo
ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 172.16.0.230 name red_Revolucion
ip route 192.168.11.0 255.255.255.0 172.16.0.232 name red_Aviacion
ip route 192.168.12.0 255.255.255.0 172.16.0.241 name red_Miguel_Iglesias
ip route 192.168.14.0 255.255.255.0 172.16.0.239 name red_Javier_General_Alvarez
ip route 200.60.54.155 255.255.255.255 190.12.87.169 name Catalyst
!
!no ip http server
no ip http secure-server
!
!access-list 25 permit 190.12.72.24 0.0.0.7
access-list 25 permit 190.12.72.120 0.0.0.7
access-list 25 deny any log
access-list 111 permit ip any any
snmp-server community CliOptical RO 25
snmp-server ifindex persist
no cdp run
!
!control-plane
!
banner motd ^C
Cliente: Cadena Bot. - Direccion: Red Core - Router Cisco 1841/2800 - Router de L2L ^C
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
length 0
transport input telnet ssh
!
scheduler allocate 20000 1000
end
```

ANEXO C
CONFIGURACIÓN DEL CME

! Asignación de direcciones IP a los teléfonos de las sucursales

```
ip dhcp pool Sucursal1
 network 192.168.2.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.2.1
!
ip dhcp pool Sucursal2
 network 192.168.3.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.3.1
!
ip dhcp pool Sucursal3
 network 192.168.4.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.4.1
!
ip dhcp pool Sucursal4
 network 192.168.5.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.5.1
!
ip dhcp pool Sucursal5
 network 192.168.6.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.6.1
!
ip dhcp pool Sucursal6
 network 192.168.7.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.7.1
!
ip dhcp pool Sucursal7
 network 192.168.8.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.8.1
!
ip dhcp pool Sucursal8
 network 192.168.9.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.9.1
!
ip dhcp pool Sucursal9
 network 192.168.10.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.10.1
!
ip dhcp pool Sucursal10
 network 192.168.11.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
 default-router 192.168.11.1
!
ip dhcp pool Sucursal11
 network 192.168.12.0 255.255.255.0
 option 150 ip 172.16.0.227
```

```
default-router 192.168.12.1
```

```
!
ip dhcp pool Sucursal12
  network 192.168.13.0 255.255.255.0
  option 150 ip 172.16.0.227
  default-router 192.168.13.1
```

```
! Inicialización del servicio de Call Manager
```

```
!telephony-service
max-ephones 12
max-dn 12
ip source-address 172.16.0.227 port 2000
  user-locale ES
  network-locale ES
create cnf-files version-stamp Jan 01 2002 00:00:00
transfer-system full-consult
```

```
! Asignación de nombres de directorio y extensiones (anexos)
```

```
ephone-dn 1
  number 101
  name Tupac_Amaru
```

```
!
ephone-dn 2
  number 102
  name Francisco_Moreno
```

```
!
ephone-dn 3
  number 103
  name La_Molina
```

```
!
ephone-dn 4
  number 104
  name Nicolas_Pierola
```

```
!
ephone-dn 5
  number 105
  name Ramon_Vargas
```

```
!
ephone-dn 6
  number 106
  name Defensores_del_Morro
```

```
!
ephone-dn 7
  number 107
  name Revolucion
```

```
!
ephone-dn 8
  number 108
  name Pardo
```

```
!
ephone-dn 9
  number 109
  name Aviacion
```

```
!
ephone-dn 10
  number 110
```

```
name Miguel_Iglesias
!
ephone-dn 11
  number 111
name Tupac_Amaru
!
ephone-dn 12
  number 112
name Javier_General_Alvarez
! Vinculación de números a los teléfonos IP
ephone 1
  mac-address mac_sucursal_1
  button 1:1
  type 7940
!
ephone 2
  mac-address mac_sucursal_2
  button 1:2
  type 7940
!
ephone 3
  mac-address mac_sucursal_3
  button 1:3
  type 7940
!
ephone 4
  mac-address mac_sucursal_4
  button 1:4
  type 7940
!
ephone 5
  mac-address mac_sucursal_5
  button 1:5
  type 7940
!
ephone 6
  mac-address mac_sucursal_6
  button 1:6
  type 7940
!
ephone 7
  mac-address mac_sucursal_7
  button 1:7
  type 7940
!
ephone 8
  mac-address mac_sucursal_8
  button 1:8
  type 7940
!
ephone 9
  mac-address mac_sucursal_9
  button 1:9
  type 7940
```

```

!
ephone 10
mac-address mac_sucursal_10
button 1:10
type 7940
!
ephone 11
mac-address mac_sucursal_11
button 1:11
type 7940
!
ephone 12
mac-address mac_sucursal_12
button 1:12
type 7940
! Configuración para calidad de servicio
class-map match-all LIMIT-SHAPE (Clasificación de los paquetes a grupo Limit
Shape)
match access-group 111
! Se le aplica la política de limitar el ancho de banda al grupo Limit Shape
policy-map POLICY-SHAPE-LINK
class LIMIT-SHAPE
shape average 300000
! Clasificación de los paquetes a grupoAutoQoS-VoIP-Remark)
class-map match-any AutoQoS-VoIP-Remark
match ip dscp ef
match ip dscp cs3
match ip dscp af31
class-map match-any AutoQoS-VoIP-Control-UnTrust
match access-group name AutoQoS-VoIP-Control
class-map match-any AutoQoS-VoIP-RTP-UnTrust
match protocol rtp audio
match access-group name AutoQoS-VoIP-RTCP
! Se le aplica la política de limitar el ancho de banda al grupo Auto QoS- VoIP-
Remark
policy-map AutoQoS-Policy-UnTrust
class AutoQoS-VoIP-RTP-UnTrust
priority percent 30
set dscp ef
class AutoQoS-VoIP-Control-UnTrust
bandwidth percent 3
set dscp af31
class AutoQoS-VoIP-Remark
set dscp default
class class-default
fair-queue
!
!
interface FastEthernet0/0
description Interface WAN para cliente Cadena de Boticas
bandwidth 300
ip nbar protocol-discovery
rate-limit input 2496000 467000 467000 conform-action transmit exceed-action drop
rate-limit output 2496000 467000 467000 conform-action transmit exceed-action drop

```


ANEXO D
PARÁMETROS POR DEFECTO PARA EL MODELO E

Tabla A.1 Parámetros por defecto para el modelo-E (Fuente [30])

| Parámetro | Abrv. | Unidades | Valor por defecto |
|--|--------------|-----------------|--------------------------|
| Índice de sonoridad de la emisión | SLR | dB | +8 |
| Índice de sonoridad de la recepción | RLR | dB | +2 |
| Índice de enmascaramiento para el efecto local | STMR | dB | 15 |
| Índice de efecto local para el oyente | LSTR | dB | 18 |
| Valor D del teléfono, lado emisor | Ds | - | 3 |
| Valor D del teléfono, lado recepción | Dr | - | 3 |
| Índice de sonoridad del eco para el hablante | TELR | dB | 65 |
| Pérdida de trayecto de eco ponderado | WEPL | dB | 110 |
| Retardo medio en un sentido del trayecto | T | ms | 0 |
| Retardo ida y vuelta en un bucle de 4 hilos | Tr | ms | 0 |
| Retardo absoluto en conexiones sin eco | Ta | ms | 0 |
| Número de unidades de distorsión de cuantificación | qdu | - | 1 |
| Factor de degradación del equipo | le | - | 0 |
| Factor de robustez contra pérdida de paquetes | Bpl | - | 1 |
| Probabilidad de pérdida de paquetes | Ppl | % | 0 |
| Relación de ráfaga | BurstR | - | 1 |
| Ruido de circuito referido al punto de 0 dBr | Nc | dBm0p | -70 |
| Nivel de Ruido en el lado de recepción | Nfor | dBmp | -64 |
| Ruido ambiente en el lado emisor | Ps | dB(A) | 35 |
| Ruido ambiente en el lado recepción | Pr | dB(A) | 35 |
| Factor de mejora | A | - | 0 |

ANEXO E
CÓDIGO EN MATLAB PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS LLAMADAS

**Código en Matlab para el calcular la calidad de las llamadas, utilizando el modelo E
A partir de la recomendación ITU G 107**

```

%cálculo de R y MOS, utilizando el Modelo E
%Código escrito por José Gómez a partir de la Rec. ITU G.107.

%datos
SLR=8;
RLR=2;
STMR=15;
LSTR=18;
Ds=3;
Dr=3;
TELR=65;
WEPL=110;
%el valor de T lo definimos a partir del SLA con el proveedor
T=15;
Ta=T;
Tr=2*T;
qdu=1;
le=0;
Bpl=1;
%el valor de T lo definimos a partir del SLA con el proveedor
Ppl=0.5;
BurstR=1
Nc=-70;
Nfor=-64;
Ps=35;
Pr=35;
A=0;

%R se calcula como  $R=R_o-I_s-I_d-I_e_{eff}+A$ 

%Calculo de Ro
OLR=SLR+RLR;
Nos=Ps-SLR-Ds-100+0.004*(Ps-OLR-Ds-14)^2;

Pre=Pr+10*log10( 1+10^( (10-LSTR)/10 ) );
Nor=RLR-121+Pre+0.008*(Pre-35)^2;

Nfo=Nfor+RLR;

No=10*log10( 10^(Nc/10)+10^(Nos/10)+10^(Nor/10)+10^(Nfo/10) );

Ro=15-1.5*(SLR+No)

%Calculo de Is
Xolr=OLR+0.2*(64+No-RLR);
Iolr=20*( ( 1 + (Xolr/8)^8 )^(1/8) -Xolr/8 );

STMRo=-10*log10( 10^(-STMR/10) + exp(-T/4) + 10^(-TELR/10) );

```

```

Q=37-15*log10(qdu)
G=1.07 + 0.258*Q + 0.0602*Q^2
Y=(Ro-100)/15 + 46/8.4 - G/9
Z= 46/30 - G/40
Iq=15*log10(1 + 10^Y + 10^Z)

Is=Iolr+Ist+Iq

%Calculo de Id(valido para 9dB<=SMTR<20dB)
TERV=TELR - 40*log10( (1+T/10)/(1+T/150) )+6*exp(-0.3*T^2);
Roe=-1.5*(No-RLR);
Re=80 + 2.5*(TERV-14);
Idte=( (Roe-Re)/2 + ( ((Roe-Re)^2)/4+100 )^0.5 -1 )*( 1-exp(-T) );

Rle=10.5*(WEPL+7)*(Tr+1)^(-0.25);
Idle=(Ro-Rle)/2+ ( ((Ro-Rle)^2)/4 + 169 )^0.5;

X=(log10(Ta/100))/(log10(2));
if Ta<=100 Idd=0;
else Idd=25*( (1+ X^6)^(1/6) - 3*(1 + (X/3)^6)^(1/6) + 2);
end

Id=Idte+Idle+Idd

%Calculo de le_eff
le_eff=le+(95-le)* Ppl/( (Ppl/BurstR) + Bpl );

%finalmente R es:
R=Ro-Is-Id-le_eff+A;

' R = Ro - Is - Id - le_eff - A '
[R,Ro,Is,Id,le_eff,A]

%MOS para 0<R<100
MOS=1+0.035*R + R*(R-60)*(100-R)*7e-6

```

ANEXO F
GLOSARIO DE TÉRMINOS

| | |
|----------|--|
| ADPCM | Adaptive Differential Pulse Code Modulation |
| BER | Bit Error Rate |
| CBWFQ | Class-Based Weighted Fair Queuing |
| CIR | Committed Information Rate |
| CLP | Cell loss priority |
| CME | Call Manager Express |
| CQ | Custom Queuing |
| CS-ACELP | Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction |
| DE | Elegible para el descarte |
| DRR | Déficit round robin |
| DSCP | Differentiated Services Code Point |
| FIFO | First Input First Output |
| GSM | Sistema Global para Comunicaciones Móviles |
| ITU | International Telecommunication Union |
| ICPIF | Impairment Calculated Planning Impairment Factor |
| Jitter | Sesgo de retardo |
| LAN | Red Área Local |
| LDCELP | Low delay code-excited linear prediction |
| LLQ | Cola de Baja Latencia |
| MDRR | Low Latency Queuing Modified Deficit Round-Robin |
| MGCP | Media Gateway Control Protocol |
| MOS | Mean Opinion Score. |
| MPC-MLQ | Multipulse LPC with Maximum Likelihood Quantization |
| MPLS | Multiprotocol Label Switching |
| PDU | Unidad de Datos de Protocolo |
| PESQ | Perceptual Evaluation of Speech Quality |
| PoE | Energía sobre Ethernet |
| PSQM | Perceptual Speech Quality Measurement |
| PSTN | Red Pública de telefonía conmutada |
| QoS | Calidad de Servicio |
| RTP | Protocolo de Transporte en tiempo real |
| RR | Round Robin |
| SCCP | Skinny Client Control Protocol |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SMARTnet | Servicio de Soporte de Cisco |
| ToS | Tipo de Servicio |

| | |
|------|------------------------------------|
| UDP | Protocolo de datagrama de usuario. |
| VAD | Detección de actividad de voz. |
| VLAN | LAN Virtual |
| WAN | Red de Área Amplia |
| WFQ | Weighted Fair Queuing |
| WRR | Weighted round robin |

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Odom, et al., "CCIE Routing and Switching-Exam Certification Guide" Cisco Press, 3ra. Edición
- [2] IP Telephony Self-Study Cisco QoS Exam Certification Guide.
- [3] Javvin Technologies Inc., "Network Protocols Handbook", 2004, Segunda Edición.
- [4] RFC "Request for comment", "Protocolo de Internet- Especificación del protocolo-RFC 791", <http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0791-es.txt>
- [5] RFC "Request for comment", "Protocolo De Control De Transmisión-- Especificación del protocolo-RFC 793", <http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0793-es.txt>.
- [6] RFC "Request for comment", "Protocolo de datagrama de usuario- RFC 768", <http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0768-es.txt>.
- [7] Kevin Wallace, "Cisco Voice over IP (CVOICE)", Cisco, Authorized Self-Study Guide, 3ra Edición
- [8] H.323 Forum, "H.323 Papers & Presentations". <http://www.h323forum.org/papers/>
- [9] Javvin Technologies Inc., "Session Initiation Protocol-SIP-RFC 3261" <http://www.javvin.com/protocol/rfc3261.pdf>
- [10] Javvin Technologies Inc., "Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0-RFC 3435". <http://www.javvin.com/protocol/rfc3435.pdf>
- [11] Javvin Technologies Inc., "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications-RFC 3550", <http://www.javvin.com/protocol/rfc3550.pdf>.
- [12] Cisco, "Understanding Codecs: Complexity, Hardware Support, MOS, and Negotiation", http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies_tech_note09186a00800b6710.shtml
- [13] OSIPTEL, Tablas de Calidad Voz en Distritos de Lima. <http://www.osiptel.gob.pe/WebSiteAjax/WebFormGeneral/sector/VerIndCalidadCP.aspx>
- [14] Cisco, "Implementing Cisco Unified Communications Voice over IP and QoS (CVOICE)"
- [15] Sivannarayana Nagireddi, "VoIP Voice and Fax signal Processor," Ed. Wiley. 2008.
- [16] Movistar, "Tarifa plana local" <http://www.movistar.com.pe/negocios/voz/lineas/tarifa-plana-local>

- [17] Nextel, Planes Retail
http://www.nextel.com.pe/portal/server.pt/community/2__postpago/330/4__planes_retail/254317.
- [18] Claro, "Planes RPC Total"
<http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/pc/hogar/movil/postpago/planes-rpc>
- [19] Movistar, "RPM para grupos", <http://www.movistar.com.pe/negocios/movil/planes-y-tarifas/planes-paquetizados>.
- [20] Cisco, Cisco Unified CME 8.6 Supported Firmware, Platforms, Memory, and Voice Products,
http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cucme/requirements/guide/cme86spc.htm.html
- [21] Cisco, IP Phone, Unified IP Phone 6901 Data Sheet,
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/phones/ps10326/data_sheet_c78-584412.pdf
- [22] Cisco 2900 Series Integrated Services Routers
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps10537/data_sheet_c78_553896.pdf
- [23] ITU, Recomendación G.113, "Degradaciones de la transmisión debido al tratamiento de las señales vocales". <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.113/es>
- [24] Cisco, IP SLAs—Analyzing Service Levels Using the VoIP UDP Jitter Operation.
http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_4/ip_sla/configuration/guide/hsvoipj.pdf
- [25] CISCO "Authorized Self-Study Guide Cisco Voice over IP CVOICE", 3ra Edición
- [26] Cisco Systems Learning, "Implementing Cisco Quality of Service", Volume 2, Student Guide, Ver 2.3.
- [27] ITU, Recommendation P.800.1, "Mean Opinion Score (MOS) terminology"
<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800.1-200303-S/en>
- [28] ITU, Recomendación P.861, "Medición objetiva de la calidad de los códecs vocales de banda telefónica". <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.861-199608-S/es>
- [29] ITU, Recommendation P.861, "Perceptual evaluation of speech quality".
<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.862-200102-l/en>
- [30] ITU, Recommendation G,107, "El E-model". <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.107-201112-l/en>
- [31] ITU "The E-Model Calculator".
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com12/emodelv1/calcul.php>
- [32] ITU, Recomendación P.800.1, "Métodos de determinación subjetiva de la calidad media de transmisión." <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-l/es>
- [33] Behrouz A. Forouzan, "DATA COMMUNICATIONS AND NETWORKING", 2007, Cuarta Edición