

UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL
"LISANDRO ALVARADO"

**HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN QUE PERMITA EL ANÁLISIS DE LA
INCORPORACIÓN DE VoIP EN UNA RED DE DATOS**

ING. JOLLY CARLET BIALKO ZAVARCE

Barquisimeto, 2008

UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL “LISANDRO ALVARADO”
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
POSTGRADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN QUE PERMITA EL ANÁLISIS DE LA
INCORPORACIÓN DE VoIP EN UNA RED DE DATOS**

Trabajo presentado para optar al grado de
Magíster Scientiarum en Cs. de la Computación

AUTORA: ING. JOLLY CARLET BIALKO ZAVARCE
TUTORA: ING. MSC GLENNYS CLEMANT LICONTE

Barquisimeto, 2008



UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL
"LISANDRO ALVARADO"
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
COORDINACION DE POSTGRADO


ACTA VEREDICTO TRABAJO DE GRADO

Nosotros, Miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado: **"Herramienta de Simulación que permita el Análisis de la Incorporación de VOIP en una Red de Datos"**, presentado por la **Ing. Jolly Carlet Bialko Zavarce**, titular de la Cédula de Identidad N° 11.276.775, como requisito para optar al grado académico de **MAGISTER SCIENTIARUM EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION**, ofrecido por el programa de Maestría en Ciencias de la Computación del Decanato de Ciencias y Tecnología de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", hacemos constar que hoy, once de enero de dos mil ocho (11-01-2008) a las tres y treinta de la tarde (3:30 p.m.) se realizó el examen Público de Defensa de Trabajo de Grado, de acuerdo a lo establecido en la Normativa sobre Trabajos de Grado de la UCLA. Una vez rendido el examen, este Jurado emite el siguiente veredicto: El Trabajo de Grado fue:


APROBADO

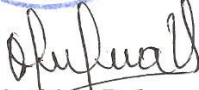
MENCIÓN PUBLICACIÓN

Dando fe de ello, levantamos la presente acta en la ciudad de Barquisimeto a los once días del mes de Enero del año dos mil ocho.


Prof. Glennys Clemant
Presidente del Jurado
C.I. N° 6.642.654




Prof. William Polanco
Jurado Principal
C.I. N° 7.501.562


Prof. Olga Palma
Jurado Principal
C.I. N° 13.775.906

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO	
I EL PROBLEMA.....	4
Planteamiento del Problema.....	4
Objetivos de la Investigación.....	9
Justificación e Importancia.....	9
Alcances y Limitaciones.....	11
II MARCO TEORICO.....	13
Antecedentes.....	13
Bases Teóricas.....	17
Definición de Términos Básicos.....	44
III MARCO METODOLOGICO.....	47
Naturaleza del Estudio.....	47
Fases del Estudio.....	47
IV PROPUESTA DEL ESTUDIO.....	51
Descripción de la Propuesta.....	51
V EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	60
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	68
ANEXOS.....	71
A. Manual de Usuario.....	71
B. Valores de Qdu para planificación.....	78
C. Valores de Ie para planificación.....	79
D. Valores de Bpl para planificación.....	80
E Trayecto de Referencia Y.1541.....	81
F. Ejemplo detallado del caso de Referencia Estática.....	82
G. Ejemplo de cálculo del Modelo E.....	83
H. Jerarquía de Clases del Software de la Herramienta.....	84

INDICE DE TABLAS

pág.

TABLA

1	Ejemplo de contribución de retardo por la función del encaminador (para la clase 0 de QoS).....	36
2	Valores de Planificación para la distorsión de cuantificación.....	36
3	Valores de I_c para algunos codecs.....	37
4	Valores provisionales del factor de ventaja A.....	38
5	Valores provisionales de Bpl.....	40
6	Comparación del valor R con el valor MOS.....	40

INDICE DE FIGURAS

		pág.
FIGURA		
1	Red Corporativa Integrada (Voz+Datos).....	20
2	Estándares del H.323.....	21
3	Pila de Protocolos en VoIP.....	22
4	Funcionalidad de SIP.....	23
5	Capacidad del ancho de banda.....	26
6	Referencia básica del Modelo E (Parámetros).....	30
7	Diagrama Causal de la influencia de los parámetros sobre la calidad.....	34
8	Diagrama de la Herramienta.....	52
9	Hoja de Excel para comprobar Modelo E.....	60
10	Configuración de Parámetros.....	61
11	Simulación de elementos de Red y cálculos intermedios de retardo	62
12	Cálculo de Retardo según Códec.....	62
13	Estimación de la calidad.....	66
14	Estimación de la calidad. Resultados.....	64
15	Pantalla principal de la Herramienta.....	71
16	Entrada de Parámetros.....	72
17	Simulación del Modelo de Red.....	73
18	Retardo de paquete o según Códec, Retardo Medio.....	74
19	Calidad (Valor R). Cálculo de R_0	775
20	Calidad (Valor R). Cálculo de I_s	75

21	Calidad (Valor R). Cálculo de I_d	76
22	Calidad (Valor R). Cálculo de I_{e-eff}	76
23	Calidad (Valor R). Resultados.....	77

UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL “LISANDRO ALVARADO”

DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

POSTGRADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN QUE PERMITA EL ANÁLISIS DE LA
INCORPORACIÓN DE VoIP EN UNA RED DE DATOS**

Autora: Ing. Jolly Carlet Bialko Zavarce

Tutora: Ing. Msc Glennys Clemant Liconte

RESUMEN

El presente Proyecto Factible busca lograr el análisis de una red, orientando la planificación para la transmisión de voz sobre IP. Trata sobre la implementación de un software el cual permite al usuario obtener una estimación de la calidad de la transmisión de voz en función de los diversos parámetros que influyen en la misma. El software requiere primeramente de ciertos parámetros que el usuario debe proveer; seguidamente se simula el modelo de elementos de red para, a través del modelo E, predecir el comportamiento del sistema físico y estimar la calidad de la voz transmitida; así, según los resultados medir la funcionalidad de la herramienta y emitir ciertas recomendaciones. La realización de un análisis previo y planificación, permite determinar el impacto que el servicio VoIP pueda provocar, evita los problemas que pudieran surgir de una implementación a ciegas y el consecuente descontento de los usuarios de la red, esto a través de una herramienta sencilla que elimina el paradigma de simuladores de elevadas prestaciones en centros de investigación con plataformas paralelas y multiprocesador, y eliminando la necesidad de inversión de grandes cantidad de dinero en adquisición de sistemas de evaluación o auditorías. Este Proyecto también representa una propuesta de bastante utilidad a educadores en el área de redes. El mismo se ubica dentro de la modalidad de Proyecto Factible, ya que se proporciona una solución al problema planteado cubriendo las necesidades en forma eficiente y asequible.

Palabras Clave: VoIP, simulación, planificación, QoS, herramienta.

INTRODUCCION

A principios de los años setenta del pasado siglo, al aparecer las infraestructuras corporativas de comunicaciones, se basaban en redes de tráfico de voz sobre líneas analógicas. Luego, al pasar de los años, proliferaron los computadores y aparecieron las redes de datos. Así, tradicionalmente los servicios de telefonía y de datos han estado soportados por redes distintas basadas en tecnologías muy diferentes. Esta diferenciación entre los tráficos de voz y datos hasta ahora ha permanecido invariable. Dentro de las empresas no sólo ha existido una distinción clara en las tecnologías y equipamiento utilizado en las redes telefónicas y de datos, sino que su gestión y mantenimiento se ha llevado a cabo por personal distinto. Sin embargo, el desarrollo y maduración de las técnicas de transmisión de voz sobre redes de paquetes ha dado lugar a una fuerte tendencia hacia la integración del tráfico de voz en las redes de datos.

No sería sino hasta finales de los años noventa que comenzó a tener frutos el envío de voz sobre paquetes. Los primeros intentos se dieron con la transmisión de voz por Internet, y la calidad del servicio era muy pobre. Ya en el presente siglo, aparecieron los primeros sistemas integrados de voz y datos. Al hablar de voz sobre paquetes nos referimos a que los servicios de comunicación como son: voz, fax, entre otros, se transportan a través de una red de paquetes (VoIP). Es una de las mejores tecnologías disponibles actualmente para ahorrar costos, permitiendo combinar transmisión de voz con comunicación de datos en una plataforma IP única e integrada (el fenómeno de la convergencia).

Las empresas, además de su interés por lograr este fenómeno en su plataforma de red, se ven influidas por el deseo de ahorrar dinero, normalmente se apresuran a instalar un nuevo sistema de VoIP y posteriormente se sorprenden por la calidad tan pobre de desempeño que afecta la red; se olvidan de que su infraestructura de cableado debe ahora soportar tanto voz como datos.

El presente Proyecto, logra el desarrollo de una herramienta que permite realizar un análisis estimado de calidad de la transmisión de voz sobre IP basándose en

aquellos parámetros que la afectan, y simulando el modelo de cada sección de red y el modelo de elementos de red, sirviendo como medio de planificación de la transmisión. Arroja los resultados y recomendaciones a seguir para el éxito de una futura implantación del servicio VoIP.

Debemos estar claros en que es crucial asesorarse con anticipación si el tráfico que incrementará en su red (por los servicios de comunicación) afectará negativamente las aplicaciones existentes y las operaciones. Hay que preguntarse si la infraestructura de cableado actual ofrece el rendimiento de transmisión requerido para que el sistema opere adecuadamente, así como conocer los factores que influirían en la calidad de la voz. Ciertamente sabemos que existen sistemas de evaluación, o sistemas de simulación y modelado que puedan arrojar estos resultados, pero la contratación de estos servicios o la compra de estos sistemas puede representar un alto costo a la empresa o Institución. De esta forma, con el desarrollo de la herramienta, se presenta una propuesta de bastante utilidad a los administradores de redes y profesionales del área; e incluso a los que se dediquen a educar, tendrían una herramienta que les permita impartir conocimiento en forma mas dinámica, clara y tangible.

Esta investigación se ubica en la modalidad de Proyecto Factible, sustentándose en la investigación documental; y se encuentra conformado por:

Capítulo I: donde se muestra el problema, los propósitos u Objetivos de la investigación, y Justificación de este Proyecto.

Capítulo II: se presenta el Marco Teórico, donde se describen diferentes antecedentes basados en trabajos de investigación realizados anteriormente que sirven de apoyo a la presente, como también se muestran las bases teóricas con la información que lo sustenta.

El **Capítulo III:** donde se encuentra el Marco Metodológico en el cual gira la presente investigación.

El **Capítulo IV:** corresponde a la Propuesta del Estudio con una descripción detallada de la misma, finalizando con un breve análisis.

El **Capítulo V:** trata sobre la Ejecución y Evaluación de la propuesta, donde se evalúa la funcionalidad de la herramienta.

El **Capítulo VI:** plantea una serie de Conclusiones y Recomendaciones sobre la investigación.

Finalmente se presenta las referencias bibliográficas y los anexos

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Tal como la define Moreno D. (2003), “La telefonía es el medio de telecomunicación que más impacto ha tenido sobre la humanidad. Es un sistema que se utiliza para la transmisión de la voz humana a distancia por acción de corrientes eléctricas u ondas electromagnéticas”. La búsqueda de nuevas tecnologías de comunicación durante más de un siglo, se ha concentrado fundamentalmente en perfeccionar a este medio de telecomunicación por excelencia. En sus inicios una persona conectaba manualmente cables para establecer comunicaciones en lo que era conocido como un PMBX (PBX Manual). Este dispositivo fue reemplazado por un dispositivo electromecánico automático y sistemas electrónicos de conmutación llamados PABX (PBX automático). El uso de una PBX evita conectar todos los teléfonos de una empresa de manera separada a la red de telefonía local pública PSTN, evitando a su vez que se tenga que tener una línea propia con cargos mensuales y salidas de llamadas hacia la central telefónica que regresan nuevamente para comunicarse internamente.

A mediados de los ochentas, las redes de datos fueron incluidas en las empresas y corporaciones. Estas deben ser capaces de soportar cada vez más, una amplia gama de aplicaciones. El protocolo de Internet (IP), que ha sido utilizado en estas redes para el intercambio de información entre los diferentes computadores, ha terminado imponiéndose como el protocolo más usado, y provee un servicio de mejor esfuerzo. Las primeras redes de comunicaciones, que fueron las de voz, utilizaban un sistema de *conmutación de circuitos* donde se establece un circuito virtual entre emisor y

receptor y los recursos necesarios para la comunicación permanecen reservados; en cambio las redes de datos utilizan la *conmutación de paquetes*, en donde la información se fragmenta en paquetes que atraviesan la red tomando caminos distintos hasta llegar a su destino donde son reensamblados.

Las comunicaciones corporativas se regían entonces por dos redes separadas: una para tráfico de voz y otra para el tráfico de datos. Luego, a mediados de 1995 con el desarrollo de Internet, el correo electrónico pasó a ser una herramienta de comunicación empresarial indispensable, lo que llevó al surgimiento de un proveedor de comunicaciones: ISP (Internet Service Provider).

Sin embargo no fue sino hasta finales de los años noventa cuando la voz sobre paquetes comenzó a surgir utilizando Internet como transporte, el motivo principal para utilizarla es que el costo de uso de una red IP normalmente es independiente de la distancia y a menudo independiente del tiempo de conexión, todo lo en contrario de lo que sucede con la telefonía convencional.

Por otra parte, la conmutación por paquetes característica de Internet es más eficiente en el uso del canal que la conmutación por circuitos utilizada en telefonía. Sin embargo, son muchos los obstáculos existentes para la transmisión de voz de alta calidad en una red IP, derivados del hecho de que en conmutación de paquetes no se ha previsto establecer límites en el tiempo de transmisión (latencia) y que es práctica común la retransmisión de un paquete perdido o recibido con errores; sabemos que en transmisión de voz es totalmente inútil la retransmisión de un paquete luego de un centenar de ms (milisegundos) y los retardos de varios cientos de ms son inaceptables. Es por eso que el éxito de la VoIP se puede garantizar en redes privadas, en las cuales se pueda establecer un límite máximo en los tiempos de transmisión. Esto se consigue estableciendo algún sistema de prioridades para el tráfico de voz respecto a otros datos, y limitando el número de enrutadores que tiene que atravesar el mensaje para llegar a su destino.

Por esto, en la Internet, la voz sobre IP es de inferior calidad al no poder ofrecerse estas garantías, conocidas normalmente como QoS. Es de esperar que a medida que las grandes empresas de telecomunicaciones incorporen QoS en sus redes de datos se

pueda utilizar VoIP sin sacrificios de calidad aún en la Internet. Mientras tanto, la telefonía IP presenta también ventajas de integración con otros servicios de datos que la hacen muy atractiva para redes privadas de ciertas instituciones o la empresa en la cual laboramos.

VoIP puede brindar un fuerte impulso de crecimiento, desde el vínculo con los clientes hasta en el clima laboral de la empresa; *siempre que la solución sea racional, planificada e implementada en forma correcta.*

Al montar una solución VoIP debemos tener en cuenta que en una red donde convergerá tráfico de datos y tráfico de voz, la calidad de las transmisiones de voz deja de ser garantizada, y la misma depende de la infraestructura de datos que la transporta. Existen varios factores que influyen en la calidad de voz como son el *jitter*, el retardo (*delay*) sufrido por los paquetes, ancho de banda, la pérdida de paquetes y la claridad de voz. Todo esto hace referencia a la QoS, es decir, a la capacidad de la red de proporcionar el nivel adecuado del servicio, en este caso: VoIP.

¿Qué tan seguros estamos de que nuestra infraestructura de red soportará el servicio VoIP sin afectar su rendimiento? El análisis y evaluación de la red se ha convertido en una parte crucial de cualquier implementación de VoIP, no podemos arriesgarnos a afectar el rendimiento de la red a enlaces y nodos caídos, trabajadores y clientes desesperados y descontentos. Aunque algunas empresas prefieren al respecto trabajar bajo especulaciones, un número creciente de directivos y administradores de redes optan por acometer tal análisis a pesar del costo que pueda representar.

Según 3com® (2.006), existen servicios de evaluación de red que usan sofisticados equipos de prueba y avanzadas técnicas de monitorización para suministrar los datos necesarios para tomar decisiones críticas sobre la red. Todas las evaluaciones incluyen un informe global de estadísticas del rendimiento actual, un análisis completo, y recomendaciones detalladas. Por ejemplo, ellos ofrecen un Servicio de Preparación Para Voz. Este servicio simula tráfico de voz directamente sobre la red de datos, luego ingenieros cualificados interpretan los resultados y

ofrecen recomendaciones para preparar la red a la implementación de VoIP.

Este servicio que ofrece 3com®, al igual que los que ofrecen otras compañías, requieren de una inversión en software y/o hardware que puede representar un alto costo que no toda empresa o Institución está en capacidad de tener. *¿Debemos arriesgarnos a implantar una solución VoIP en nuestra empresa sin un análisis previo debido a su alto coste?*

En otro orden de ideas, Jonassen, D. (2.006) en su artículo llamado “Computadores como herramientas de la mente”, plantea que las tecnologías educativas se han utilizado como medios de instrucción; sostiene que el apoyo que ofrece la tecnología al aprendizaje no es el de intentar dar instrucciones al estudiante, sino servir de instrumento para construcción del conocimiento. La herramienta que plantea este Proyecto, claramente sirve de apoyo a estudiantes de sistemas, computación, estudiantes y profesionales en general del área de redes; para la visualización y por ende estudio efectivo de las mismas en el tema en particular de VoIP e implícitamente QoS, ya que para poder realizar un estudio de la transmisión se debe tomar en cuenta ciertos parámetros que le influyen, como son: el retardo, jitter, ancho de banda, entre otros. En este caso se utiliza la planificación y la simulación.

En el Proyecto realizado por Pomares A. y otros (2.001) se plantea que:

La simulación ha sido utilizada a lo largo de décadas en multitud de tareas de la ciencia y tecnología. Antes de desarrollar un sistema complejo, o de realizar la implantación de alguno, se suele utilizar alguna herramienta de simulación donde se modele y se pruebe el sistema y su impacto. Entre las ventajas de la simulación tenemos: reducción de tiempo de desarrollo de sistemas; chequeo de decisiones antes del desarrollo del sistema; posibilidad de reutilizar el mismo modelo; entre otras. En cuanto al área que nos compete: redes de computadoras, redes de comunicaciones y telemática, juega un papel decisivo en la implantación de un sistema, por ejemplo:

1. Modificación y/o ampliación de la red o un segmento de red, incorporación de equipo y tecnología.
2. Simulación de viabilidad de red, permitiendo validar especificaciones (topología, dispositivos, interconectividad, segmentos).
3. Simulación de escenarios de tráfico y análisis de comportamiento de dispositivos, entre muchos otros casos.

De todo lo descrito en los párrafos anteriores surgió la problemática del riesgo de implantar soluciones VoIP sin un análisis previo de la infraestructura existente, y el alto coste de inversión en software y/o hardware para dicho análisis. Además de la problemática presentada, el apoyo a través de la tecnología al proceso enseñanza-aprendizaje, y el beneficio de VoIP y simulación para desarrollo de herramientas, llevó a plantear el presente Proyecto de desarrollo de una herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos.

La herramienta permite introducir los diversos parámetros necesarios para el análisis y planificación; modelar las secciones de red y sus elementos, y arroja los resultados y observaciones, obteniendo así una estimación de la calidad de transmisión con el servicio VoIP; todo esto sin los costes que representaría la contratación de una corporación o compañía externa para la realización de una *auditoria de conformidad VoIP* u otros servicios como el comentado en párrafos anteriores realizando un análisis e investigación, y utilizando una herramienta de simulación que no representa alto costo ni importe en hardware para análisis.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Desarrollar una herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos.

Objetivos Específicos

1. Estudiar los parámetros y protocolos que influyen en la implantación de VoIP.
2. Diseñar la herramienta de simulación con una interfaz gráfica.
3. Programar la herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación del servicio VoIP en una red de datos.
4. Evaluar las funcionalidades de la herramienta.

Justificación e Importancia

Una de las mejores tecnologías disponibles actualmente en comunicaciones para ahorrar costos es Voz sobre IP (VoIP), permitiendo combinar transmisión de voz con comunicación de datos en una plataforma IP única e integrada (el fenómeno de la convergencia). Su característica más atractiva es justamente la del ahorro de costos: las llamadas son enviadas sobre líneas de datos existentes eliminando la cuenta telefónica; de esta forma la distancia y duración de las llamadas ya no es relevante desde el punto de vista de los costos.

Voz sobre IP es una tecnología que las empresas e Instituciones están dispuestas a adoptar debido al ahorro que representa, pero no son las razones económicas las que justifican el invertir en VoIP, sino hacer converger las redes de voz y datos. La integración de estas redes facilita la creación de nuevas aplicaciones que integran voz y datos como la mensajería unificada, que permitirá englobar bajo una única interfaz de usuario, accesible desde cualquier parte de la red, a todos los servicios a través de

los cuales se reciben mensajes, tales como: correo electrónico, fax, teléfonos, contestadores, o también, la integración de los centros de llamadas en los servidores web, videoconferencia, teleenseñanza, etc.

En tanto que el desempeño de una red VoIP está directamente relacionado a la planeación que se le dedique al sistema en su conjunto; varias compañías fabricantes de soluciones de redes, estimulan a las organizaciones a que planeen detenidamente antes de implementar un sistema de Voz sobre IP. Las empresas, influidas por el deseo de ahorrar dinero, normalmente se apresuran a instalar un nuevo sistema de VoIP y posteriormente se sorprenden por la calidad tan pobre de desempeño que afecta a la red; se olvidan de que su infraestructura de cableado debe ahora soportar tanto voz como datos. El beneficio de este servicio radica en que tanto voz como datos pueden correr sobre el mismo sistema de cableado, por lo tanto es crucial asesorarse con anticipación si el tráfico que se incorporará afectará negativamente las aplicaciones existentes y las operaciones. Hay que preguntarse si la infraestructura de cableado actual ofrece el rendimiento de transmisión requerido para que el sistema opere adecuadamente.

La realización de un análisis previo que permita determinar el impacto que dichos servicios pueden provocar evitará los problemas que pudieran surgir y el consecuente descontento de los usuarios de la red. Pero como se explicaba en el Planteamiento, contratar un servicio externo de auditoria de conformidad IP, o Servicios de Preparación para Voz, puede representar una inversión de alto costo que no toda Empresa o Institución está en capacidad de adquirir, y que significaría sacrificar otras necesidades.

Una solución viable de bajo costo para la toma de decisión a la hora de implementar un sistema con realización de análisis previo es la simulación. Según Pomares A. y otros (2.001), con la simulación podemos recrear un modelo bastante fiable de la realidad, para extrapolar los resultados obtenidos. Con una interfaz que sea sencilla y agradable al usuario podemos lograr:

Modificación y/o ampliación de una red, incorporar equipos activos sumideros de tráfico que ocasionen posiblemente alteraciones en segmentos de la

red.

Test de dispositivos para verificar su impacto e interacción con la red entre muchas otras ventajas; y en nuestro caso en especial,

Simular la incorporación de un servicio a una red existente.

Está claro que servicios de análisis, de preparación, o de auditorías de redes como los que ofrece 3com® al igual que otras compañías, requieren de una inversión en software y/o hardware que puede representar un alto costo.

En los últimos tiempos, los cambios y avances tecnológicos telemáticos han permitido la inclusión de la tecnología como medio de instrucción y/o transmisores de información dentro de aulas e incluso a distancia, desde educación primaria hasta la superior. Este Proyecto podría utilizarse perfectamente para impartir conocimientos en el área de redes.

Por todo lo anteriormente expuesto, este Proyecto propone el desarrollo de una herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos.

Alcances y Limitaciones

Este Proyecto tiene como objetivo, plantear una solución al Administrador o Planificador de una Red al ofrecerle una herramienta amable y de bajo costo que permita medir el impacto que el servicio VoIP pueda provocar con su implantación en la red existente, ayudándole a evitar los problemas que pudieran surgir y el posterior descontento de los usuarios, sin altos costos que afecten gravemente el presupuesto de la Empresa o Institución. Así también, podría llegar a ser una herramienta que apoye efectivamente el aprendizaje en el área de redes a nivel superior.

En este Proyecto se tomaron en cuenta factores y/o estrategias de QoS para el diseño y desarrollo de la herramienta, así como para las recomendaciones finales.

Para evaluar las funcionalidades de la misma, el usuario puede introducir ciertos parámetros claves para el análisis previo como por ejemplo: tipo de códec a utilizar, índices de sonoridad del equipo, entre otros. Puede modelar cada sección de red y el

modelo de elementos de red por cada sección (enrutadores de distribución, de núcleo, pasarelas...) según la recomendación de la UIT-T Y.1542. Automáticamente se ejecutan los cálculos necesarios para obtener el factor de transmisión y dar conclusiones.

Para la determinación del factor de transmisión (Valor R), se utiliza el Modelo E de la recomendación UIT-T G.107. Para el cálculo del retardo de red se toma en cuenta el *caso de atribución de referencia estática*, de la recomendación UIT-T Y.1542. No se estudió ni utilizó el resto de casos presentados en dicha recomendación. Para el cálculo de retardo básico de red, se utilizan valores típicos de retardo de colas y procesamientos de los elementos publicados en la recomendación Y.1541 y Y.1542, sin embargo el usuario puede cambiar éstos y utilizar valores medidos.

No es competencia de esta investigación medir índices de sonoridad, se supone que los aparatos a utilizar son normalizados según normas nacionales e internaciones por recomendaciones de la UIT-T. La alta disponibilidad de la red que viene dada por un cableado y alimentación fiables, quedaría por cuenta del administrador de red a la hora de la evaluación de la infraestructura. No está estipulado dentro los objetivos dar sugerencias acerca de seguridad en VoIP.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes

A continuación, se hace referencia a varios trabajos de Investigación realizados que guardan cierta relación con el planteado; los mismos fueron analizados con el fin de que contribuyeran al presente Proyecto.

Pomares A., Ruiz G., Pastor C., Galotto M., Orza J., Marhuenda M., Alcarazp S. (2.001), profesionales pertenecientes al Departamento de Física y Arquitectura de computadores de la Universidad Miguel Hernández de España, presentaron el estudio llamado: **“Simulación de Redes Complejas mediante procesos concurrentes”**. Plantean que en las fases previas de la Ingeniería de Proyectos Telemáticos es cada vez más necesario incluir procesos de simulación como apoyo al diseño de redes complejas. Estas redes se caracterizan por estar formadas por un elevado número de nodos, medios de transmisión de gran ancho de banda, conmutadores complejos y alta densidad de tráfico de datos. Esto los condujo a desarrollar una Herramienta de Simulación en Tiempo Real, con arquitectura de procesos concurrentes y tolerante a fallos, que permite la evaluación y prueba de los diferentes dispositivos, capacidades, congestión, tráfico, etc, antes de su desarrollo e implantación.

Esta investigación sirve de apoyo al presente proyecto, ya que sugiere la simulación a manera de prevenir las fallas que pudiesen ocurrir al momento de la implantación de redes complejas, tal como sería el caso de la incorporación de los servicios de VoIp en las redes de datos.

El trabajo presentado por Estepa R. (2.002), titulado: **“Contribuciones al soporte de calidad en redes de voz sobre IP”**, como tesis Doctoral ante el Departamento de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla, tuvo como objetivo

fundamental, la definición de un modelo que permita a los operadores de VoIP ofrecer a sus clientes una conversación telefónica con la calidad requerida por ellos, minimizando la utilización de los recursos de transporte. Para ello propuso un algoritmo que permite en tiempo real hallar los parámetros óptimos para conseguir el nivel de calidad especificado. La señalización utilizada, se basó en la arquitectura de referencia de la ETSI para QoS.

El diseño del modelo implicó una serie de decisiones tales como: la ubicación de las entidades funcionales respondiendo al modelo de la recomendación H.323 de la UIT-T, definió la ubicación de la señalización de calidad, determinación del comienzo y fin de las llamadas, funcionamiento de los clientes con soporte de calidad, un gestor de calidad de servicio el cual verifica si la llamada es una conexión nueva (llamante) o una conexión solicitada (llamado), y en cada caso se gestiona la calidad. Un gestor de recursos de transporte, el cual se encuentra constantemente esperando las llamadas de primitivas de solicitud de calidad de servicio del transporte. Propone también una entidad de política de transporte, entre otras. El algoritmo evaluó la calidad y el coste de un cierto número de puntos, seleccionando los siguientes parámetros: códec, tramas por paquete, retardo medio, variación de retardo y tasa máxima de pérdida de de paquetes. Para la prueba se mantuvieron conversaciones con distintos niveles de QoS, comprobando de forma subjetiva la calidad.

Este proyecto sirvió de gran apoyo teórico, principalmente debido a la utilización del modelo E de la recomendación UIT-T G. 107 (2.005) que forma parte de la presente investigación.

Arias, P. (2.005) presentó su trabajo integrador en su Postgrado en Gestión de Telecomunicaciones en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires, titulado “**Redes de Voz sobre IP**”, presenta un estudio de la voz sobre IP, como ha sido su desarrollo, su efectividad y ventajas frente a la telefonía convencional, protocolos que intervienen. Cómo es el proceso de migración a la convergencia, y se expone el proceso regulador de este servicio, ya que el mismo gira entorno al debate existente entre si ha de definirse como un servicio de información o como un servicio de telecomunicaciones.

Entre sus conclusiones están las siguientes: La Voz sobre IP, que integra la transmisión de voz y datos, está produciendo un cambio fundamental en la industria de las telecomunicaciones. Este implica un mejor servicio telefónico, precios más bajos, nuevas funcionalidades, menor mantenimiento y más oportunidades, lo cual conduce hacia una convergencia completa de las industrias de telecomunicaciones y de redes de datos. El futuro desarrollo de la VoIP y la consecuente integración de redes parece un proceso imparable y en este proceso transitorio de la integración, está jugando un papel importante la regulación. La experiencia a lo largo de los últimos años muestra cómo el éxito del desarrollo de Internet se ha producido en un marco muy desregularizado. Es por este motivo que muchos analistas consideran que éste debe ser el modelo a seguir para la implantación de los servicios de VoIP.

Este estudio muestra la importancia del tema y ofrece un gran aporte desde punto de vista teórico al proyecto propuesto.

El trabajo: **“Sistema de medida de la calidad para Voz sobre IP”**, presentado por Fernández J., Jodra J., y Partearroyo R., como parte del XXI Simposium de la Unión Científica Internacional de Radio, tuvo como objetivo implementar un sistema de medida de la QoS en redes para VoIP. Utilizaron el Modelo E para alimentar la plataforma QoSMETER. Para realizar las medidas de ciertos parámetros de entrada al modelo E se realizó una transmisión a través de una red de un fichero de audio de referencia. Los resultados se recopilaban en el servidor de almacenamiento para la plataforma de medidas de QoSMETER. Con esa información se pudo obtener una serie de informes y resúmenes periódicos, para estudiar la evolución temporal de la calidad de la red.

Este trabajo orienta acerca de la importancia de la aplicación del modelo E para la medición de calidad. Coincide de cierta manera con los objetivos de la presente investigación excepto que la actual ahonda más en el cálculo de los factores que le influyen, y en una forma teórica de encontrar los parámetros para dichos cálculos presentándose en una herramienta amable al usuario.

Matute L. (2.006), presentó su trabajo para optar al grado de Magíster Scientiarum en Ciencias de la Computación Mención Redes de Computadoras, en la Universidad

Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), titulado: **“Diseño de una Herramienta Gráfica para simular tránsito de paquetes IP a través de los dispositivos de una red Lan”**. Dicha investigación se refirió al diseño de una herramienta gráfica para simular el tránsito de paquetes IP a través de dispositivos de una red Lan con el propósito de facilitar a los estudiantes y expertos la experimentación del diseño, configuración e instalación de redes por medio de diferentes cargas de tráfico y topologías. Tuvo como objetivo profundizar en el proceso de cómo fluyen los paquetes IP desde su emisión hasta su recepción, así como prevenir posibles fallas al diseñar redes ocurridas en las capas 1,2,3 y 7 del modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos). De igual forma se presentan los beneficios del software pues se realizó en un ambiente interactivo, amigable, sencillo y de bajo costo en comparación con simuladores existentes (CONNEX, NS-2) de difícil adquisición, complejos y costosos. Se realizó bajo plataforma Windows con Visual Basic 6.0. Se concluyó que la herramienta profundiza de manera detallada e interactiva en el proceso de cómo fluyen los paquetes IP en una red LAN desde un nodo fuente hasta un destino; así mismo, busca desarrollar destrezas en los usuarios para realizar la conexión, configuración e instalación de los dispositivos: pc`s, hub, switch y router; comprobar la comunicación de una estación a otra empleando para ello las capas del modelo OSI y la ejecución del ping, administrar un alto rendimiento de la red real, minimizar costos, tiempo y esfuerzo antes de su implementación.

Se puede observar, que los objetivos de dicha investigación están relacionados con los objetivos de la propuesta, pero la presente mejora la misma al considerar la incorporación del servicio VoIP y lo que implica para ello en una red LAN.

Todos los antecedentes presentados muestran ideas, experiencias, conclusiones y conceptos concebidos en dichos trabajos los cuales sirvieron de base al proyecto propuesto. Dieron a conocer la efectividad y ventajas que presenta VoIP frente a la telefonía convencional, y logros en herramientas basadas en ciertos modelos para estudiar la calidad de la voz. Además de servir de apoyo a esta investigación, muestran a cualquier lector – investigador, cómo cada vez es más necesario incluir procesos de simulación y de planificación como apoyo al diseño de redes complejas;

así como para su estudio en aulas y laboratorios competentes al área de redes.

Bases Teóricas

A continuación se presenta el resultado de la revisión bibliográfica que incluye una selección de definiciones relacionadas con el objetivo de la presente propuesta, con el propósito de que proporcionaran una base conceptual para interpretar la información recogida en el desarrollo de la misma:

Convergencia (Integración de voz y datos)

Las redes de voz han estado separadas de las de datos debido a que las primeras fueron pioneras, con el boom y proliferación de los computadores nacieron las redes de datos. Así ambas han permanecido diferenciadas y trabajando en plataformas o arquitecturas diferentes con requerimientos diferentes. En la actualidad se estima que el tráfico de datos crece a una velocidad diez veces superior al tráfico de voz, al tiempo que se observa un proceso de convergencia para que sea una única red la que soporte la transmisión de voz, datos y vídeo. La conversión de la voz en paquetes de datos utilizando el Protocolo de Internet (IP) es lo que se ha dado en llamar la VoIP.

Hace ya muchos años que se habla de la integración de unas y otras, pero en realidad es que se ha avanzado poco; la razón puede que sea que económicamente aún no resulta del todo rentable, por lo que los administradores de redes siguen pensando en dos redes separadas como solución a las comunicaciones, a pesar de las desventajas técnicas y de gestión. Sin embargo, actualmente, hay nuevos factores que juegan a favor de la integración: la imagen, la telefonía asistida por ordenador y, en general, todo lo que es multimedia. En el futuro las redes se han de construir para ser capaces de soportar tráfico multimedia, con lo que la integración verá facilitado su camino.

La integración de voz y datos en una red ofrece una serie de ventajas como es el disponer de una infraestructura común de acceso y transporte y un sistema único de

gestión. Según Huidobro y Roldán (2.003):

Cuando se habla de integración de voz y datos en la misma red se pueden dar tres situaciones distintas:

Transporte de datos, junto con voz, sobre redes específicas de voz, como son las redes telefónicas públicas, bien sean fijas o móviles como sucede en el caso de GSM.

Transporte de voz, junto con datos, sobre redes específicamente diseñadas para datos, como puede ser Internet.

Transporte de voz y datos sobre redes específicas para ambos tipos de tráfico, como es la RDSI.

Al converger estos servicios se debe tener en cuenta sus diferentes características: la voz necesita de un retardo constante en la red, los datos pueden fluir a distinto ritmo; la voz admite cierta distorsión en la señal ya que los humanos podemos entender un mensaje aun con alteraciones como ruido, mientras que una transmisión de datos requiere una alta calidad. Según Huidobro y Roldán (2.003):

La transmisión de imágenes presenta unas características similares a las de la voz -ambas señales son isócronas- pero requiere de un ancho de banda muy superior. Para que el retardo del sonido que se produce en una red, si es suficientemente extensa, no moleste al usuario, debe ser inferior a unos 250 milisegundos; si es mayor habrá que utilizar canceladores de eco. La tasa de error, para datos, en cualquier situación debe ser inferior a 10^{-4} , siendo lo habitual una tasa de error de 10^{-6} .

Que se entiende por Voz sobre IP (VoIP)?

Es el establecimiento de llamadas telefónicas a través de Internet/Red de Datos, una realidad que ha sido posible, entre otras cosas, por la mejora de las tecnologías de compresión de voz. La posibilidad de trabajar con una tecnología de ámbito mundial implicaba, por un lado, la utilización del protocolo IP y, por otro, un método capaz de transmitir simultáneamente tanto voz como datos a través de dicho protocolo. Esta es la base en la que asienta esta nueva tecnología, que en última instancia posibilita disfrutar de llamadas mucho más económicas.

Según Huidobro y Roldán (2.003), “La voz sobre IP convierte las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos que son transportados a través de redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales”. La evolución de la transmisión por circuitos a la transmisión basada en paquetes viene de que se toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP nativo o como IP por Ethernet, Frame Relay, ATM o SONET.

Las ventajas que ofrece esta tecnología son:

- a) Integración sobre la intranet de la voz como un servicio más de red.
- b) El protocolo IP es el estándar universal para Internet, intranets y extranets.
- c) Estándares efectivos (H.323).
- d) Interoperabilidad de diversos proveedores.
- e) Uso de las redes de datos existentes.
- f) Independencia de tecnologías de transporte (capa 2), asegurando la inversión.
- g) Menores costes que tecnologías alternativas (voz sobre TDM, ATM, Frame Relay).

Según Huidobro y Roldán (2.003):

La arquitectura de señalización debe soportar tanto los servicios tradicionales como los nuevos servicios ofrecidos por puntos finales inteligentes, a la vez que conservan la privacidad y la integridad de la información del usuario. Las expectativas de calidad del usuario exigen una red de señalización de altas prestaciones. La fiabilidad no solo debe residir en los elementos de la red sino también en la arquitectura de señalización empleada. Los elementos de calidad que se persiguen podemos resumirlos en:

- a) Bajo retardo,
- b) Baja tasa de pérdidas,
- c) Retardo posterior al marcado reducido,
- d) Retardo posterior al descolgado pequeño.

Todos estos elementos hacen que sea necesaria una gestión de recursos para asegurar la optimización de la capacidad para el transporte de la voz en cualquier punto del camino extremo a extremo. Para ello existen los protocolos de señalización. Entre sus funciones están: Localización de usuarios; Establecimiento de Sesión;

Negociación de Sesión; Gestión de los participantes en la llamada.

En la figura número uno (01) vemos representada a una red corporativa integrada voz y datos, donde se elimina por completo a la red conmutada de circuitos de la telefonía pública.

Existen fundamentalmente tres protocolos.

- a) **H.323**: ha sido desarrollado por la ITU. Fue concebido para comunicaciones multimedia en redes LAN, pero se ha extendido a la voz sobre IP.
- b) **SIP/DSP** (*Session Initiation Protocol/Session Description Protocol*): desarrollado por el IETF (*Internet Engineering Task Force*), ha sido diseñado para soportar el control de llamadas y la negociación de sesión de forma distribuida.

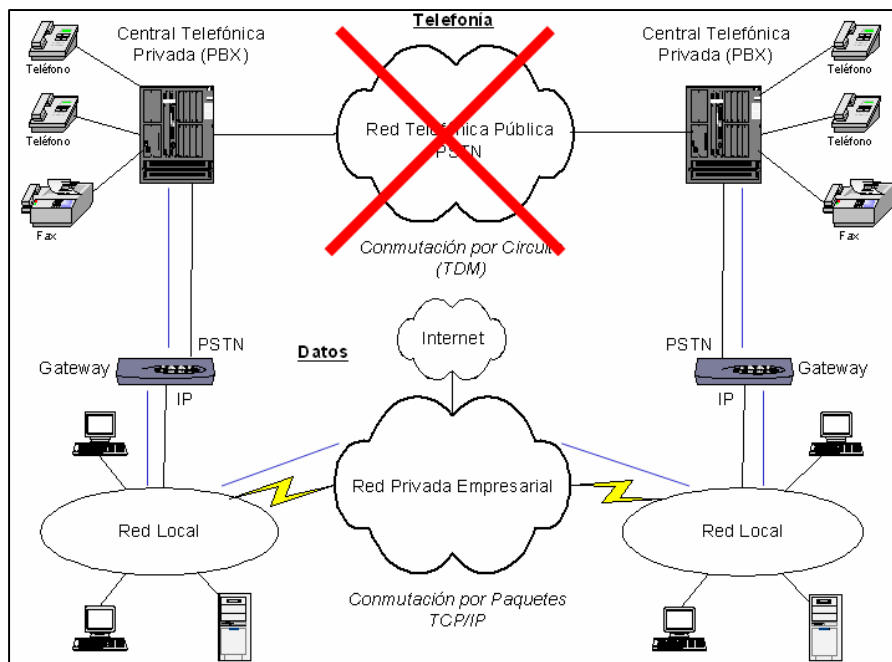


Figura No 01
Red Corporativa Integrada (Voz + Datos)
Fuente: Bialko 2.006

- c) **MGCP (Media Gateway Control Protocol)**: se trata de un protocolo de control que permite a un controlador central la monitorización de eventos que

ocurren en los teléfonos IP y en las pasarelas y les impone el envío de la información a direcciones específicas.

Se establece un circuito entre el emisor y el receptor (extremo a extremo) para lograr el intercambio de información, antes del envío o en ese mismo momento, quedando establecida la ruta por la que viajan los datos. Es la estructura típica de las redes de datos de área extensa y de la red telefónica, en las que se utilizan como medios de transmisión circuitos alquilados, punto a punto o conmutados.

Podemos agregar lo que explica Arias P. (2.005). Nos dice que los protocolos asociados a VoIP se dividen en dos grupos: los que soportan el transporte de la ruta de audio y el otro grupo son los que soportan la señalización de la llamada y las funciones de control. Los primeros permiten una temporización para lograr la reproducción consistente de la voz en el receptor. La señalización y las funciones de control proporcionan la configuración y cancelación de llamada, direccionamiento, enrutamiento y otras funciones.

Direccionamiento
<ul style="list-style-type: none"> ➤ RAS (Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través de el Gatekeeper. ➤ DNS (Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS
Señalización
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Q.931 Señalización inicial de llamada ➤ H.225 Control de llamada: señalización, registro y admisión, y paquetización / sincronización del stream (flujo) de voz ➤ H.245 Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para streams de voz
Compresión de Voz
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requeridos: G.711 y G.723 ➤ Opcionales: G.728, G.729 y G.722
Transmisión de Voz
<ul style="list-style-type: none"> ➤ UDP. La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP. ➤ RTP (Real Time Protocol). Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

Figura No 02
Estándares del H.323
Fuente: Arias (2.005)

Señalización VoIP: H.323. Debido a la ya existencia del estándar ya definido

anteriormente: H.323, que cubría la mayor parte de las necesidades para la integración de la voz, se decidió que el H.323 fuera la base del VoIP. El VoIP/H.323 comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos para cubrir todos los aspectos en la comunicación. Esto lo podemos apreciar en la figura número dos (02):

En el control de la transmisión tenemos a **RTCP** (Real Time Control Protocol). Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red, y tomar en su caso, acciones correctoras.

Señalización VoIP: SIP. Además de la definición presentada, podemos agregar que:

1. El modelo SIP es similar al http (request an responses).
2. Se integra fácilmente a aplicaciones de Internet como www y correo electrónico.
3. Hace uso de herramientas para asignar direcciones como URLs, proxies, DNS y el SDP (Session Description Protocol).
4. El SDP es empleado para establecer las características de la sesión, entre otras cosas para comunicar los parámetros de sesión como la codificación empleada.
5. SIP no está ligado a ningún protocolo de control de multiconferencias como sucede con H.323.

Establecimiento de llamada y Control					
Presentación					
Direccionamiento		Compresión de audio G.711 ó G.723		DTMF	
RAS(H.225)	DNS	RTP/RTCP		H.245	Q.931 (H.225)
Transporte UDP			Transporte TCP		
Red (IP)					
Enlace					
Físico					

Figura No 03
Pila de Protocolos en VoIP
Fuente: www.monografias.com/trabajos3/voip/voip.shtml

6. SIP se diseñó para no depender de los protocolos de transporte de capas inferiores.
7. Se encarga de ubicar a los usuarios, protocolos y a las aplicaciones necesarias para manejar la llamada.
8. Fue diseñado para transmitir voz sobre IP y es menos complejo que H.363.
9. Es ideal para la NGN (Next Generation Network).
10. El direccionamiento empleado es coincidente con el de las URL's, por ejemplo: sip: maria@vencemos.com; sip: invitado@10.64.1.1.

En la figura número tres se puede apreciar la pila de protocolos en VoIP.

Protocolo SIP : Ejemplo comunicación SIP + RTP

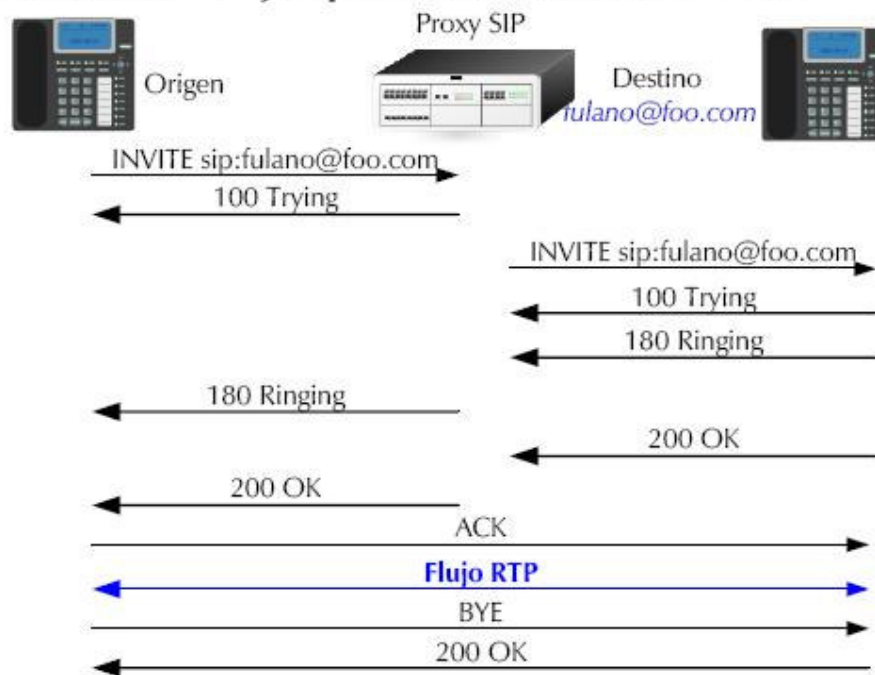


Figura No 04
SIP. Ejemplo de Comunicación

Fuente:

<http://www.irontec.com/files/cursoAsteriskVozIP-1-introduccion-SIP.pdf>

Según Huidobro y Roldán (2.003):

Los servicios que soporta SIP son:

Localización de usuarios: Determinación del sistema final que participará en la comunicación.

Establecimiento de la llamada: Timbre y acuerdo de los parámetros de la llamada entre el origen y el destino.

Disponibilidad del usuario: Determinación del deseo del llamado de participar en la comunicación.

Características del usuario: Determinación de los flujos y las características de los flujos que podrán ser empleados.

Manejo de llamadas: Transferencia y terminación de llamadas.

QoS (Quality of Service)

Hasta el momento hemos visto que al momento de migrar a VoIP, es decir, al momento de integrar voz sobre la red existente IP se debe tener ciertas consideraciones, evaluar la red a ciertos parámetros. Entendemos entonces que existen ciertas limitaciones tecnológicas para la convergencia. Al estudiar esto estaríamos a su vez estudiando calidad de servicio (QoS). QoS podemos decir, que referencia la capacidad de la red para proporcionar cierto nivel de servicio adecuado a cada tipo de tráfico.

Así, Huidobro y Roldan (2.003), nos dicen:

...queda claro que, a la hora de abordar la integración de las redes de voz y datos en una infraestructura única basada en conmutación de paquetes, existen las siguientes limitaciones:

- 1) El ancho de banda necesario para la transmisión de voz
- 2) El retardo sufrido por los paquetes
- 3) El jitter consecuencia de la variación del retardo
- 4) Las pérdidas de paquetes

Explican en dicho texto, que existen técnicas de QoS que intentan paliar estas limitaciones para garantizar el servicio extremo a extremo a tres niveles:

- a) A nivel de dispositivo de red a través de colas, y la adaptación y planificación del tráfico.
- b) Nivel de señalización para coordinar la QoS extremo a extremo
- c) Nivel de gestión para controlar y administrar el tráfico extremo a extremo a través de la red.

Para asegurar la calidad de la voz sobre una red de paquetes, se dispone de tres herramientas que mas adelante veremos: aprovisionamiento del ancho de banda adecuado, clasificación del tráfico y control y previsión de congestión.

Limitaciones tecnológicas de la voz sobre paquetes. Entonces, podemos ver que existen cinco factores que inciden en la calidad de la voz, los cuales son los parámetros a tomar en cuenta en el análisis de la red:

El ancho de banda necesario para cursar las llamadas a través de la red. El ancho de banda disponible debe repartirse entre todas las aplicaciones de la red. Para esto existen técnicas de calidad de servicio. La técnica que se emplee para gestionar la asignación de ancho de banda determinará el retardo que puedan sufrir los paquetes, y por ende, la calidad de la voz.

Las pérdidas de paquetes debidas al limitado ancho de banda, y a la congestión de los routers. Los paquetes procedentes de una o varias fuentes son puestos en la cola de transmisión de uno de los enlaces de salida del router hasta que se transmiten en el mismo orden en que llegan (aunque en algunos casos se puede asignar prioridades). Las pérdidas acontecen cuando las colas de los routers se llenan y no pueden aceptar más paquetes, entonces se produce la congestión: no hay más ancho de banda.

El retardo sufrido por los paquetes debido al procesamiento a que es sometida la señal de la voz y al recorrido de los paquetes de voz por la red. Dos sílabas pertenecen a una misma palabra si se pronuncian dentro de un cierto intervalo de tiempo. Por ello, si se introduce un retardo adicional entre dos sílabas de una palabra la melodía de la voz se perdería. Por lo tanto, el retardo extremo a extremo es un factor crítico de diseño en una red de transporte de voz sobre paquetes. Esto debe afrontarse desde una doble perspectiva. Primero: determinar el umbral de retardo por debajo del cual se considera que la calidad de voz es aceptable. Y segundo: determinar cuales son las fuentes de retardo a fin de optimizar su comportamiento reduciendo el retraso de la señal que producen.

El jitter de los paquetes, ya que cada paquete se transmite independientemente del resto. Su causa principal son las variaciones del retardo del encolado debido a

cambios dinámicos sufridos por la carga de tráfico de la red. También influyen las diferencias en el retardo de propagación; ya que si los paquetes van por caminos distintos, de igual coste, no necesariamente tienen la misma longitud física o eléctricamente.

El eco debido al acoplo que sufre la señal entre los sentidos de la comunicación.

Veamos a continuación las herramientas que aseguran la calidad de la voz sobre una red de paquetes:

Aprovisionamiento de ancho de banda: Uno de los procesos críticos en el diseño de una red integrada es el cálculo del ancho de banda necesario para la integración. Para ello, la mejor forma es fijar el ancho de banda requerido por aplicaciones de datos y videos más restrictivas y sumarlas al ancho de banda requerido para el transporte de voz. El resultado debe constituir aproximadamente el 75% de la capacidad máxima del enlace, en la figura numero cinco (05) vemos que se debe dejar un 25% de capacidad sobrante en el canal.

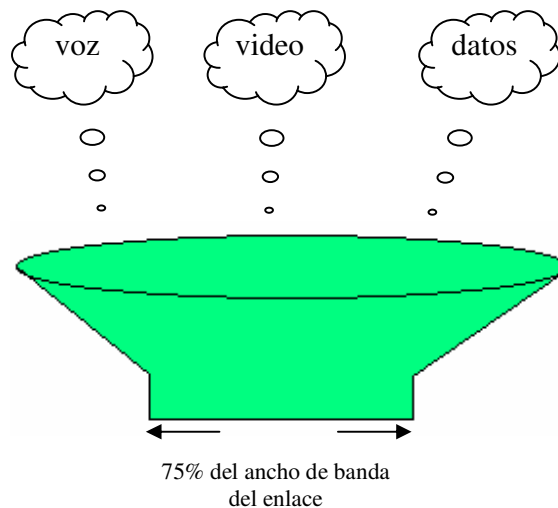


Figura No 05
Capacidad del ancho de banda
Fuente: Huidobro y Roldán (2.003)

Clasificación del tráfico: Este mecanismo tiene una importancia fundamental a la hora de proporcionar el nivel de servicio adecuado. El propio operador de la red

determina si la clasificación se llevara a cabo analizando las características del tráfico de cada paquete dependiendo de una sesión, es decir, dependiendo de lo que se establezca en la fase de negociación de parámetros extremo a extremo antes de la transmisión. En cuanto a la política de clasificación, existen criterios variados: tipo de tráfico contenido en el paquete, dirección IP, puerto, etc. Una aplicación TCO o UDP queda caracterizada por un número de puerto, en función del cual los routers pueden tomar decisiones de encaminamiento. Un aspecto importante de la clasificación del tráfico puede llevarse a cabo a nivel 2 con las técnicas: IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q, y ATM QoS; o a nivel 3 con las técnicas: IP ToS y DiffServ.

Control de congestión: Si consideramos una red multiservicio en la que conviven varios tipos de tráfico, deberemos idear algún mecanismo de priorización del tráfico, puesto que cada uno de estos tipos exige de la red niveles de servicio distintos. Es necesario asignar mayor prioridad al tráfico de voz con el fin de minimizar el retardo en los paquetes. Uno de los aspectos que más afecta a dicho retardo es la congestión de la red, puesto que, mientras mayor sea el número de paquetes presentes, mayor será el consumo de recursos en los nodos de la red, y por tanto, mayor el retardo introducido. Las técnicas de control entran en funcionamiento una vez que se produce la congestión, y consisten básicamente en establecer una disciplina de servicio que gobierne el comportamiento de las colas de transmisión.

Previsión de la congestión: estas técnicas monitorizan las cargas de tráfico de la red con el fin de anticiparse a posibles situaciones de congestión. Se hace necesaria una serie de algoritmos que determinen qué paquetes deben descartarse y cuáles no, ofreciendo trato preferencial a las clases de tráfico de mayor prioridad.

Análisis de la red

Según Huidobro y Roldán (2.003), la migración a la convergencia atraviesa una serie de fases, ya que debe ser planificada con sumo cuidado. De manera genérica, ese proceso debe considerar:

Planificación:

- Auditoria de red
- Objetivos
- Servicios

Diseño:

- Tecnologías empleadas
- Aspectos técnicos
- Selección del CODEC
- Selección de la pasarela
- Cálculo del ancho de banda
- Cálculo del retardo

Justificación económica.

Es necesaria una auditoria de la infraestructura informática existente con el fin de determinar si es capaz de soportar el tráfico de voz con la calidad necesaria y realizar las mejoras pertinentes. Esta documentación debe organizarse en dos bloques:

Nivel de campus: la infraestructura y el ancho de banda de la red local afecta a la calidad y a la disponibilidad de la solución de voz sobre paquetes. Debe recopilarse lo siguiente:

- Topología de la red: es recomendable dibujarse un esquema en el que se representen los niveles (acceso, distribución y troncal), dispositivos y las velocidades de los puertos.
- Plan de direccionamiento: es decir, qué criterios se siguen para la asignación de direcciones.
- Ubicación de servidores y pasarelas.
- Análisis de los dispositivos con el fin de identificar aspectos de hardware o software que puedan influir en la implantación de VoIP. Y medir sus prestaciones.

Nivel de WAN: una red WAN tiene como misión interconectar los diferentes campus de una red corporativa.

Finalmente, habrá que proceder a la documentación y evaluación de la

infraestructura de cableado y alimentación, teniendo en cuenta que la alta disponibilidad característica de las redes de voz sobre paquetes exige un cableado y una alimentación fiables.

Planificación: Un término bastante importante que manejar es el de la planificación. La recomendación G. 175 de la UIT-T expone que debe subrayarse que la finalidad primordial de la planificación de red es controlar la suma de las degradaciones de la transmisión provocadas por los distintos elementos de red... “No es objeto de la planificación de redes limitar degradaciones de transmisión de un elemento de red específico”. Se supone que todos los elementos o componentes se diseñan de acuerdo con las especificaciones de las recomendaciones de la UIT-T (excepto en un caso especial que se indique), basados en las normas nacionales o internacionales. La recomendación mencionada también explica que la introducción de un factor de calidad con fines de planificación permite también al operador de la red realizar el proyecto de su red en función de la relación coste/calidad.

Las redes basadas en IP plantean retos en la planificación para la consecución de niveles de calidad según la aplicación de usuario, es decir, si se tendrán aplicaciones de voz, datos, fax, entre otros. Las recomendaciones de la UIT-T: Y.1541 y Y.1542, proporcionan ciertos parámetros necesarios para determinar la calidad de funcionamiento en redes IP y especifican un conjunto de clases de QoS de red, por ejemplo, la clase ‘0’ definida para aplicaciones de tiempo real sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, VTC) a la cual se recomienda un valor de retardo de transferencia medio (suma de los valores medios de cada sección de red) en 100 ms. La planificación de la transmisión basada en el modelo E proporciona una predicción de la calidad esperada, para una conexión investigada.

Calidad de la voz basada en el modelo E.

Según Fernández A. y otros (2.006), la estimación de la calidad de voz se basa en el modelo E, éste se basa a su vez en la estimación de un factor de determinación de transmisión R (llamado también Valor R), que combina todos los parámetros de

transmisión pertinentes para la conexión; aunque, como vemos en el trabajo de Estepa R. (2.002), existen varios métodos: métodos subjetivos, y métodos objetivos basados en señales, el modelo E es un método objetivo basado en parámetros.

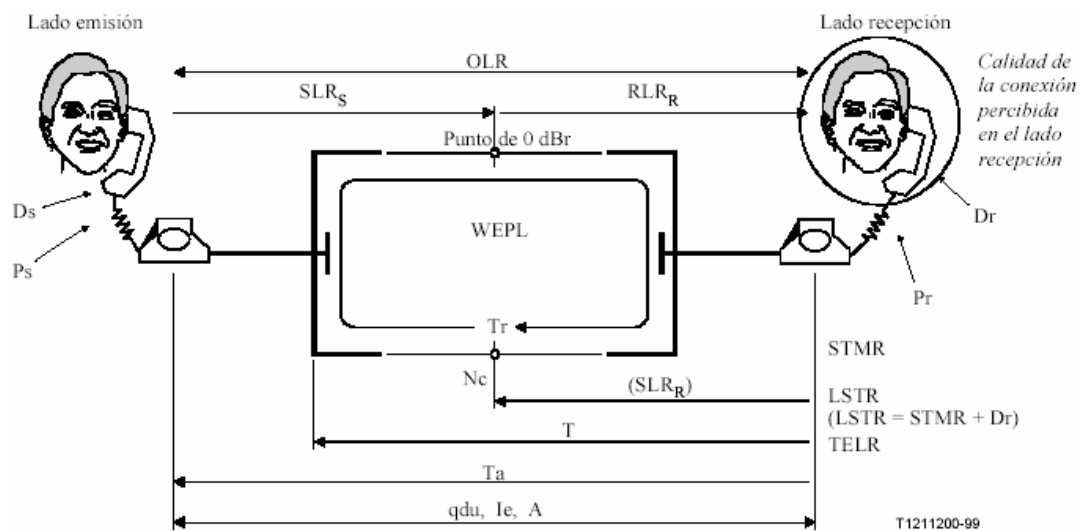


Figura No 06
Referencia básica del Modelo E (Parámetros)
Fuente: UIT-T G.108 (1.999)

Como ya hemos visto, son tres los factores fundamentales para contra los que vamos a tener que luchar: la pérdida de paquetes, el retardo y el jitter. Para evaluar los efectos de estos tres fenómenos de manera analítica con el fin de poder llevar a cabo un análisis de ingeniería de la red, la recomendación G.107 de la ITU define un modelo empleado para predecir el comportamiento del sistema físico y para estimar la calidad de la voz resultante, dadas unas ciertas características de la transmisión. (Huidobro y Roldán 2.003).

El modelo E predice la calidad subjetiva de una llamada telefónica partiendo de los parámetros de la red de transmisión. Predice la calidad que percibirá el oyente situado en el lado R, utilizando para ello como entradas los factores que se muestran en la figura número seis (06)

La recomendación G.108 de la UIT-T explica que este modelo es una herramienta útil de estimación de los efectos combinados de los diversos parámetros de la

transmisión. Así mismo, se recomienda su utilización como medio de planificación de la transmisión en el caso de conexiones extremo a extremo (conexiones entre dos terminales de la misma red) y conexiones entre redes (conexiones entre dos terminales de redes diferentes). Haciendo uso del modelo E, el planificador puede establecer gamas adecuadas de valores de los diferentes parámetros de la transmisión.

El modelo requiere los siguientes parámetros de entrada:

- **SLR:** Índice de sonoridad en emisión. *
- **RLR:** Índice de sonoridad en recepción. *
- **OLR:** Índice de sonoridad general. *
- **STMR:** Índice de enmascaramiento del efecto local.
- **LSTR:** Índice de enmascaramiento del efecto local para el oyente.
- **Ds:** Valor D del teléfono del lado emisión.
- **Dr:** Valor D del teléfono del lado recepción.
- **TELR:** Índice de sonoridad del eco para el hablante. *
- **WEPL:** Atenuación ponderada del trayecto de eco.
- **T:** Retardo medio en un sentido del trayecto del eco. *
- **Tr:** Retardo de ida y vuelta en bucle cerrado a 4 hilos.
- **Ta:** Retardo absoluto en condiciones libres de eco. *
- **Qdu:** Numero de unidades de distorsión de cuantificación. *
- **Ie:** factor de degradación del equipo (códecs de baja velocidad binaria). *
- **Nc:** Ruido de circuito referido al punto de 0 dBr.
- **Nfor:** Umbral mínimo de ruido en el lado recepción
- **Ps:** Ruido de sala en el lado emisión.
- **Pr:** Ruido de sala en el lado recepción.
- **A:** Factor de ventaja. *

Los parámetros anteriores, que poseen al final un asterisco se tienen en cuenta normalmente en la planificación, los demás se pueden fijar en sus valores por defecto definidos en el cuadro 2 de la recomendación UIT-T G.107 (2.005).

OLR: Según la recomendación UIT-T G.107, se calcula como la suma del índice

de sonoridad en emisión (**SLR**) del aparato telefónico de un extremo, y el índice de sonoridad en recepción del otro extremo del aparato telefónico (**RLR**). De donde: **OLR = SLR + RLR**. La recomendación UIT-T G.108 nos dice que conexiones entre aparatos digitales diseñados bajo la recomendación UIT-T P.310 o la norma TIA/EIA 579A, se toma SLR = 8 dB, y RLR = 2 dB. O con la referencia ETSI-TBR 008 con SLR = 7 dB y RLR = 3 dB. Esto cumpliría con el valor óptimo de OLR = 10 dB. Valores entre 6 dB y 10 dB pueden declararse como óptimos, Valores entre 20 y 25 dB son señales vocales de categoría media, para valores OLR<0 se recomienda la inserción de atenuación adicional.

En aparatos analógicos, se recomienda el cálculo de los valores SLR, RLR y STMR según la recomendación UIT-T P.79. En aparatos telefónicos digitales, se puede utilizar SLR = 8 dB, RLR = 2 dB, STMR = 18 dB D = 3 (Valores de América del Norte), o los valores: SLR = 7 dB, RLR = 3 dB, STMR = 15 dB y D = 3 dB (Europa).

La misma recomendación UIT-T P.79 dice que en cuanto a terminales IP, se pueden apartar considerablemente del sistema tradicional de los aparatos telefónicos; sus componentes (generalmente de diversos fabricantes) y parámetros no están normalizados y por lo tanto quedan en estudio. Aún así, la recomendación UIT-T P.1010 recomienda para terminales VoIP, los mismos valores nominales recomendados para teléfonos digitales: SLR = 8 dB; RLR = 2 dB. Y para Pasarelas VoIP: SLR = SLR(aparato)+CLR = 8dB; y RLR = RLR(aparato)+CLR = 2 dB. Donde CLR es el índice de sonoridad del circuito.

T: El retardo en un sentido de un sistema telefónico IP dado (T), lo determinan el retardo de red y el numero de tramas codificadas incluidas en cada paquete IP. Como recomendación al planificador, en un paquete se ensamblan como máximo dos tramas de G.723.1, y seis tramas de G.729A. Entonces tenemos que, *el retardo medio en un sentido de extremo a extremo (en ms) viene dado por el retardo del paquete (o retardo debido al códec) más el retardo de red.*

Retardo debido al códec: Los modernos códecs de señales vocales actúan sobre conjuntos de muestras de señales vocales denominadas tramas. Cada bloque de

muestras de señales de entrada se procesa convirtiéndola en una trama comprimida. La trama de señales vocales codificadas no se genera sino hasta que todas las muestras de señales vocales del bloque de entrada hayan sido recogidas por el codificador.

Si la facilidad de salida es un entorno IP, las tramas producidas por el codificador se convertirán instantáneamente en paquetes IP. El retardo adicional requerido para el ensamblado de paquetes IP y la presentación a la capa de enlace subyacente dependerá de la capa de enlace, cuando la capa de enlace es una LAN (por ejemplo Ethernet), este tiempo adicional será bastante corto. Si se agrupan múltiples tramas de voz en un solo paquete IP, se añade un nuevo retardo a la señal vocal. Este retardo tendrá como mínimo la duración de una trama de voz adicional en el codificador por cada trama de voz adicional que se añada al paquete IP. El retardo mínimo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas IP con múltiples tramas por paquete será:

$$TF(N+1)+TL$$

Donde TF: es el tamaño de trama del códec, N: es el número de tramas de un paquete, y TL: es el tiempo de preanálisis del códec.

Muchos codificadores indagan en la trama subsiguiente para mejorar la eficacia de la compresión. La duración de esa indagación por adelantado se denomina tiempo de preanálisis.

En el cuadro B.7 de la recomendación UIT-T G.108 (1.999), la columna “Retardo de paquete” representa el tiempo de ensamblado de un paquete incluyendo el proceso de codificación y decodificación, calculado con la fórmula explicada anteriormente. Para el retardo de red se tomó como referencia una conexión “libre de degradaciones” con un retardo de 50 ms en un sentido. Esa conexión cumple con la asignación de retardos a un segmento nacional definido en UIT-T G.114 (2.003). El objetivo de la clase ‘0’ de Calidad de Servicio (QoS) en la recomendación UIT-T Y-1541 (la cual es la clase aplicable a VoIP), dice que el retardo de red debe ser igual a 100 ms. En la planificación debe tomarse en cuenta este valor para no rebasarlo.

El resultado final de aplicar el modelo es un número llamado factor de Tasa de

Transmisión R, con valores entre 0 y 100. El valor R puede ser mapeado a MOS. La influencia de los parámetros controlables en red y terminales sobre el Modelo-E viene representada en la figura número siete (07).

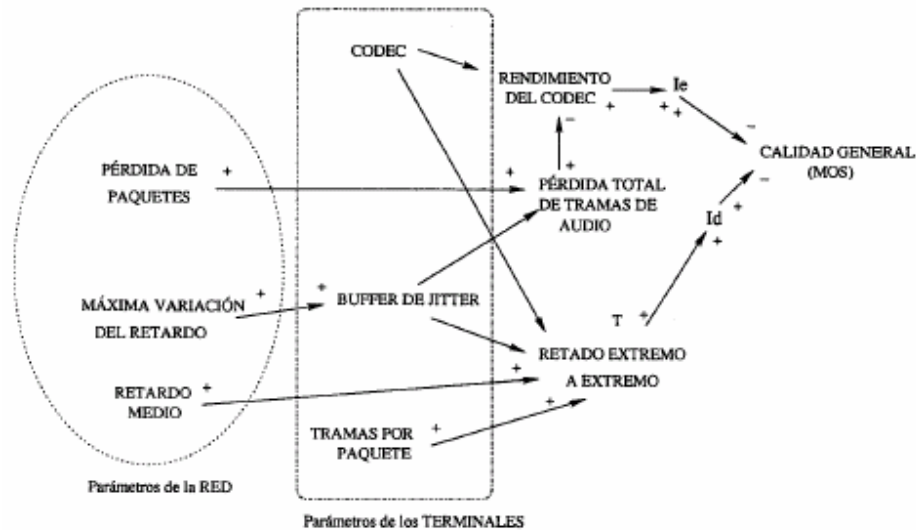


Figura No 07
Diagrama Causal de la influencia de los parámetros sobre la calidad
Fuente: Estepa (2.002)

Retardo de red: La recomendación UIT-T G.108 enmd.2 (2.004) señala que: “el retardo de red esta compuesto del retardo fijo y el valor de la variación de retardo (fluctuación)”. Así coinciden Huidobro y Roldan (2.003) definiendo que el retardo de red se compone de un retardo fijo y un retardo variable, dados por: retardo según las colas+retardo de serialización+retardo fijo de red+retardo debido a la supresión de jitter.

La medición del retardo de red puede realizarse utilizando una serie de herramientas existentes según la preferencia del planificador o administrador de red; por ejemplo usando MGEN, el cual está conformado por una serie de herramientas que permiten tomar medidas de rendimiento de una red IP utilizando flujos de paquetes UDP. MGEN genera patrones de tráfico en tiempo real de tal forma que la red se puede someter a distintos tipos de carga. Los paquetes pueden ser recibidos por

la herramienta DREC que se encarga de generar un fichero de log con marcas de tiempo, que posteriormente puede ser analizado con otra herramienta para obtener estadísticas tales como tasa de pérdidas, retardo en la comunicación, throughput.

La recomendación UIT-T Y-1542 (2.006) la cual describe el marco para alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento IP de extremo a extremo, presenta y ejemplifica diferentes casos para poder alcanzar los mismos. La presente investigación se inclina por el *caso de atribución de referencia estática*. Si bien no se asegura un resultado exacto, se obtendrán valores estimados.

El caso de atribución de referencia estática utiliza los siguientes pasos para determinar el tiempo de retardo IP:

- Establecer un modelo de sección de red de interconexión basándose en el trayecto de referencia UNI-UNI de UIT-T Y.1541 (2.006).
- Establecer el modelo de elementos de red para cada sección de red.
- Calculo del retardo de propagación para cada distancia de sección de red (utilizando los factores de escala de las distancias por la superficie y por el aire de la recomendación UIT-T G.826).
- Calculo del retardo de procesamiento y de colas de cada sección de red utilizando modelos de elementos de red y tiempos de retardo por elemento (Ver tabla numero uno (01)).
- Resta de la suma de los retardos de propagación. Este valor es el margen de retardo.
- División del retardo de procesamiento y de colas de cada sección de red mediante la suma de todos los retardos de procesamiento y colas de cada sección. Así se obtiene la fracción promediada del retardo de procesamiento y de colas que se asigna a cada sección. Se multiplica esta fracción por el margen de retardo total para obtener el retardo promediado para cada sección.
- El tiempo de retardo atribuido a cada sección de red es la suma de su retardo de propagación y su fracción promediada del margen de retardo.

Qdu: La unidad de distorsión de cuantificación qdu, según la recomendación UIT-T G.113 (2.001), se definió en 1.982 como equivalente a la distorsión que resulta de

una codificación (A/D) y decodificación (D/A) simple por un códec G.711 MIC medio. Este factor no se aplica a codificadores de baja velocidad binaria.

Tabla No. 01. Ejemplos de contribución de retardo convencional por la función del encaminador (para la clase 0). Tomado de la recomendación UIT-T Y.1541 (2.006).

Función	Retardo total promedio (suma de colas y procesamiento)	Variación de retardo
Pasarela de acceso	10 ms	10 ms
Pasarela de interfuncionamiento	3 ms	3 ms
Distribución	3 ms	3 ms
Núcleo	2 ms	3 ms

Tabla No. 02. Valores de planificación para la distorsión de cuantificación.

Proceso MIC	Qdu
Par códec MIC de 8 bits (según UIT-T G.711 ley A o ley μ)	1
Par transmultiplexor basado en MIC de 8 bits, ley A o ley μ según UIT-T G.792)	1
Atenuador digital (ley A o ley μ)	0,7
Convertidor ley A/ μ o ley μ /A según UIT-T G.711	0,5
Conversión en cascada ley A/ μ /A	0,5
Conversión en cascada ley μ /A/ μ	0,25
Compensadores de eco digitales	0,7

Ie: Las leyes de codificación modernas, que se describen en UIT-T G.720 o en las normas sobre GSM, así como en MICDA, contribuirán con distorsiones provocando una disminución de la calidad percibida de las señales vocales. Al contrario que la

distorsión de cuantificación debida a la codificación MIC de 8 bits normalizada (ley A o Ley μ), éstas degradaciones no pueden cuantificarse fácilmente con un número de qdu. A efectos de la planificación, las degradaciones introducidas por los diferentes tipos de códecs se expresan mediante “el factor de degradación del equipo I_e ”.

Tabla No. 03. Valores de I_e para algunos códecs

Códec	Referencia	Tasa binaria (kbps)	I_e
PCM (MIC)	G.711	64	0
ADPCM (MICDA)	G.726, G.727	40	2
	G.721, G.726, G.727	32	7
	G.726, G.727	24	25
	G.726, G.727	16	50
LD-CELP	G.728	16	7
		12,8	20
CS-ACELP	G.729	8	10
	G.729A + VAD	8	11
ACELP	GSM 06.60, velocidad plena mejorada	12,2	5
ACELP	G.723.1	5,3	19
MP-MLQ	G.723.1	6,3	15

A: El factor de ventaja A, representa una “ventaja de acceso” introducida en la planificación de la transmisión por primera vez vía modelo E. este factor permite al planificador tener en cuenta el hecho de que los clientes quizás aceptan una cierta disminución de calidad si así se facilita el acceso, por ejemplo, por una movilidad o permitiendo conexiones con regiones a la que es difícil acceder. En la tabla número cuatro (04), se presentan valores provisionales para este factor tomados de la recomendación UIT-T G.108 (1.999).

Tabla No. 04. Valores provisionales de factor de ventaja A.

Ejemplo de sistema de comunicación	Valor máx. A
Convencional (alámbrico)	0
Movilidad mediante redes celulares en un edificio	5
Movilidad en una zona geográfica o en movimiento en un vehículo	10
Acceso a localizaciones de difícil acceso, por ej, mediante conexiones por satélite de varios saltos	20

Valor R.

El Valor R se corresponde con un cierto valor dentro de las escalas MOS. La expresión básica es la siguiente:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e\text{-eff}} + A$$

Donde R es el factor de transmisión, R_0 es la relación señal/ruido, I_s considera los efectos de la codificación y la naturaleza no óptima de la red. Tiene en cuenta los problemas de la transmisión que ocurren de manera simultánea al sonido de la voz: volumen muy alto (I_{dr}), pérdidas de efecto local no ideales (I_{st}) y distorsión de cuantización PCM(I_q).

$$I_s = I_{olr} + I_{st+Iq}$$

Tanto R_0 (efectos del ruido) como I_s (efecto de la distorsión y cuantificación) sirven para describir la degradación que sufre la señal debido a los procesos de su propia naturaleza.

$$R_0 = 15 - 1,5 \cdot (SLR + N_0)$$

Según Fernández J y otros (2.006), R_0 representa la relación señal a ruido básica, incluyendo las fuentes de ruido. El valor por defecto recomendado por el UIT-T es 93,2.

Según la Comisión para el seguimiento de la calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones (2.007), I_d es el factor introducido por el retardo y factor de degradación efectiva del equipo. Estepa R. (2002) plantea que I_d incluye los

problemas relacionados con el retardo de la transmisión de la señal original: eco del hablante y oyente; y retardo exclusivamente grande en ausencias de eco. La fórmula para calcular I_d queda planteada como sigue:

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd}$$

Esto puede corroborarse también en la recomendación G. 107 de la UIT-T (2.005).

I_{e-eff} caracteriza las no idealidades de los equipos de las redes, degradaciones por códecs, y pérdida de paquetes. Una de las características únicas del modelo E es su capacidad para caracterizar el efecto de la compresión de voz y la pérdida de paquetes a través de I_e . Ciertos valores quedan recogidos en la recomendación UIT-T G.113 (2.001) como vemos en la tabla número tres (03). Esto lo dicen Huidobro y Roldán (2.003). Estepa R. (2.002), en su trabajo de Doctorado, nos plantea que la distorsión de equipos especiales I_{e-eff} , tiene dos componentes:

Intrínseca (I_e^{codec}): Depende del códec utilizado (ver tabla 03).

Extrínseca (I_e^{PL}): Depende de la tasa de pérdida de paquetes.

Por tanto, la influencia total de la distorsión vendrá dada por el factor:

$$I_{e-eff} = I_e^{codec} + I_e^{PL}$$

Finalmente, la fórmula queda como sigue, esto puede corroborarse en la referencia bibliográfica hecha por la Comisión para el seguimiento de la calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones (2.007), y en la recomendación de la UIT-T G.107 (2.005):

$$I_{eff} = I_e + (95 - I_e) * (P_{pl} / (P_{pl} + B_{pl}))$$

Donde B_{pl} es un factor robusto de pérdida de paquetes, y P_{pl} es el % de pérdida de paquetes.

En la recomendación UIT-T G.177 (1.999), se explica que la pérdida tan solo de un paquete IP produce la pérdida de una o más tramas de voz codificada, dependiendo del codificador de voz utilizado y del número de tramas por paquete. El codificador debe ser robusto frente a dicha pérdida, de ahí el factor B_{pl} . Así que, al calcular I_{e-eff} , no solamente nos sirve para calcular un parámetro necesario para el cálculo del valor R, sino que podemos estudiar la calidad del codificador escogido frente a cierto porcentaje de pérdida de paquetes.

El factor A, ya explicado en párrafos anteriores, es un factor de expectación que ajusta la medida de calidad final en función de las expectativas del usuario. Según Estepa R. (2002), representa el hecho de que un usuario puede estar satisfecho con altos niveles de degradación de la señal a cambio de otras ventajas, movilidad por ejemplo, como se muestra en la tabla número cuatro (04), para líneas de transmisión por cable, este factor tiene un valor de “0”.

Tabla No. 05. Valores provisionales de Bpl. Tomados de la recomendación UIT-T G.113.

Códec	Ie	Bpl
G.723.1 + VAD	15	16,12
G.729A + VAD	11	19
GSM – EFR	5	10,03
G.711	0	4,3
G.711 + PLC	0	25,14

Una vez obtenido el factor de transmisión ‘R’, el paso siguiente consiste en calcular el valor de la escala MOS con el que se corresponde, con el fin de evaluar la calidad de la voz dadas las características de transmisión. Para ello se emplea la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{MOS} &= 1 && R < 0 \\ \text{MOS} &= 1 + 0,035 \cdot R + 7 \cdot R \cdot (R - 60) \cdot (100 - R) \cdot 10^{-6} && 0 < R < 100 \\ \text{MOS} &= 4,5 && R > 100 \end{aligned}$$

En la tabla número seis (06), se muestra una posible comparación del valor R con el valor MOS.

Tabla No. 06. Comparación del valor R con el valor MOS.

R	MOS
100	4,5

R	MOS
93,2	4,4
90	4,3
85	4,2
80	4,0
75	3,8
70	3,6
65	3,4
60	3,1
55	2,8
50	2,6
0	1,0

Simulación

Según manual publicado por la Universidad Politécnica de Cataluña (2.004), define simulación como: “Técnica que imita el comportamiento de un sistema del mundo real conforme evoluciona con el tiempo, por lo tanto se podrá analizar y observar características, sin necesidad de acudir al sistema real”.

Al realizar una simulación de un hecho, un evento, o sistema; podemos obtener resultados según los parámetros de entrada que darán un comportamiento del sistema estudiado. Con estos resultados podemos ofrecer informes detallados de dicho comportamiento, y dar conclusiones y recomendaciones acerca de si es fiable la creación del sistema.

Entre los parámetros de entrada se debe incluir ciertos valores que expresan las características del sistema. Por ejemplo, en un modelo de red sería la topología, picos de tráfico, entre otras que vendrían siendo las condiciones iniciales. Ciertos valores conocidos (determinísticos) que sean necesarios para realizar cálculos. Y pueden necesitarse datos probabilísticos.

Para garantizar que los resultados de la simulación sean lo que realmente nos interesa saber del sistema simulado debemos seguir ciertos procedimientos. En el manual referido anteriormente, vemos lo siguiente:

1. En primer lugar, enunciar explícitamente los objetivos que se pretenden: los interrogantes que se nos plantean, las hipótesis que se quieran demostrar, y las distintas posibilidades a considerar.
2. A continuación se ha de proceder con la creación del modelo (en nuestro caso en particular el diseño de la red que hemos de analizar).
3. Posteriormente, se tendrá que diseñar un programa de ordenador para el modelo.
4. Deberemos verificar el programa y validar el modelo...
- ... 6. Finalmente, reunir, procesar y analizar los datos generados como soluciones del modelo y en términos de validez...

Pomares A. y otros (2.001) narran que:

En las fases previas de la Ingeniería de Proyectos Telemáticos es cada vez más necesario incluir procesos de simulación como apoyo al diseño de redes complejas. Estas redes se caracterizan por estar formadas por un número elevado de nodos, medios de transmisión de gran ancho de banda, conmutadores complejos y alta densidad de tráfico de datos.

En diversos estudios se coincide en que debido a la disponibilidad de equipos informáticos hoy en día, el campo de la ingeniería tiene grandes ventajas al poder utilizarlos y aplicarlos en bien de desarrollo de investigaciones. Podemos entonces recurrir a estos equipos y recrear sistemas en simulaciones para crear modelos lo más fiable posibles y extrapolar los resultados obtenidos.

Vera I. (2.005), dice: "...La simulación sirve como una herramienta pedagógica al permitir reforzar analíticamente soluciones teóricas"... "Un modelo de simulación diseñado para entrenamiento permite aprendizaje sin el costo del sistema real".

Entre algunas de las herramientas disponibles actualmente para simulación de redes están: Network Simulator Tesbed (NEST); Maryland Routing Simulator (MaRS); Realistic And Large Network Simulators (Real); Network Simulators 2 (ns-2); S3 project.

La teoría anterior representa la información recogida a través de la revisión documental y bibliográfica. Permite conocer conceptos fundamentales para el

desarrollo de este Proyecto, información tal como: convergencia, VoIP, QoS, simulación. Además, se presenta información relevante en relación a los objetivos planteados.

Definición de Términos Básicos

CODEC: Contracción de CODificación y DECodificación. Hardware o software encargado de la conversión de una señal analógica a formato digital (codificación) y viceversa (decodificación). También puede llevar a cabo una compresión de la señal digitalizada.

Conmutación: Proceso por el cual se pone en comunicación un usuario con otro, a través de una infraestructura de comunicaciones común, compartida entre todos los terminales, para la transferencia de información. Los tres servicios que emplean técnicas de conmutación son el telefónico, el telegráfico y de datos, pudiendo utilizar una de las tres técnicas de conmutación actuales: de circuitos, de mensajes y de paquetes.

dBm0p: Nivel absoluto de potencia sofométrica expresado en decibelios referidos a un punto de nivel relativo cero.

Decibelio: Se denomina decibelio a la unidad relativa empleada en Acústica y Telecomunicación para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia. El decibelio, símbolo dB, es una unidad logarítmica. Es 10 veces el logaritmo decimal de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia.

Índice de sonoridad: según la Recomendación de la UIT-T G.111, es una medida objetiva de la pérdida de sonoridad, es decir, una pérdida electroacústica, ponderada, entre ciertas interfaces en la red telefónica. Según Estepa R. (2.002), puede describirse como las pérdidas electroacústicas que sufre la señal de voz al transmitirse por la red telefónica.

Jitter: Puede definirse como la variabilidad, respecto a la medida, del retardo que sufren los paquetes en su viaje de la fuente al destino, y llega a ser más perjudicial incluso que el propio retardo.

MIC: Modulación por Impulsos Codificados. Esta conversión analógico – digital se realiza mediante tres pasos: muestreo, cuantificación y codificación o compresión. El códec G.711 usa MIC (o PCM).

MICDA: Modulación por Impulsos Codificados Diferencial Adaptativa. Es una variación del sistema MIC, que añade un mayor grado de compresión al realizar una codificación predictiva.

MOS (Mean Opinion Score): Sistema de medida subjetivo de la calidad de voz a través de conexiones telefónicas. La escala MOS está recogida en la recomendación P.800 de la ITU. La puntuación en esta escala va de '1' (mala) a '5' (excelente).

OSI, Modelo (Open System Interconnection): Arquitectura en niveles diferenciados por funciones específicas para la interconexión de sistemas abiertos. Se divide en siete niveles: físico, enlace, red, transporte, sesión, presentación y aplicación.

Paquete: Pieza de mensaje transmitido dentro de una red basada en conmutación de paquetes. Un paquete contiene la dirección de destino, además del dato que se está enviando.

Protocolo: Descripción formal de formatos de mensajes y de reglas que dos ordenadores deben seguir para intercambiar dichos mensajes. Un protocolo puede describir detalles de bajo nivel de las interfaces máquina-a-máquina o intercambios de alto nivel entre programas de asignación de recursos.

QoS (Quality of Service – Calidad de Servicio): Se puede definir como la capacidad que tiene un sistema de asegurar, con un grado de fiabilidad preestablecido, que se cumplan los requisitos de tráfico, en términos de perfil y ancho de banda, para un flujo de información dado.

Red de Conmutación: Los nodos de conmutación (centralitas, Routers, switches, etc.) transfieren la información de sus entradas a sus salidas, comunicando unas con otras. Pueden ser de tránsito, si no tienen equipos conectados, y periféricos o de acceso, que son a los que se conectan los equipos terminales, o desempeñar ambas funciones a la vez. La conmutación puede ser de circuitos, de mensajes y de paquetes.

Retardo: Tiempo empleado por la señal en viajar desde el origen hasta el destino, atravesando los equipos intermedios de la red.

Sonoridad: Es una caracterización subjetiva del sonido que representa la sensación sonora producida por el mismo a un oyente. Depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia del sonido.

UIT-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sector de normalización de las telecomunicaciones.

Valor R: Se proporciona un solo valor llamado R que se deriva de las características de la red, como el retardo y otros valores. Originalmente el E-model fue ideado para el diseño y planificación de la red. El éxito de éste análisis es el de proporcionar el valor MOS sin tener que utilizar a toda la gente necesaria para el experimento estadístico, y aportar el valor de una forma exacta. El valor de R varía entre '0' (muy baja calidad) a '100' (muy alta calidad). Cualquier valor por encima de '50' es aceptable.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Naturaleza del Estudio

De acuerdo con el Manual para la presentación del Trabajo Conducente al Grado Académico de Especialización, Maestría y Doctorado de la UCLA, y basándonos en la definición de De Moya R. (2.002), donde dice que “Un proyecto factible consiste en un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener una institución o grupo social en determinado momento”; el Proyecto: Herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos, se ubica dentro de la modalidad de Proyecto Factible ya que con el mismo, se da solución al problema planteado, cubriendo las necesidades de los involucrados (administradores, planificadores, compañías e instituciones, educadores) en forma eficiente y asequible.

Este Proyecto se apoya en la investigación documental utilizándose la revisión bibliográfica y documental en diferentes libros, trabajos y páginas Web, para así obtener la información necesaria para la realización de este Proyecto, tal como información sobre Convergencia de Voz y Datos, Simulación, modelos que pudieran aplicarse en el proceso de análisis, y lenguajes apropiados para el desarrollo de la herramienta.

Fases del Estudio

El Estudio de Proyecto se basa para su desarrollo en tres fases que son Fase I:

Diagnóstico, Fase II: Estudio de la Factibilidad y, Fase III: Diseño del Proyecto.

Fase I: Diagnóstico del Problema

Esta fase permitió analizar, utilizando los diferentes recursos (bibliográficos, humanos y tecnológicos), el problema planteado (su ámbito, usuarios y sus necesidades); así se logró realizar el diseño del Proyecto, y llegar a representar la solución a la necesidad planteada con una herramienta asequible, práctica y sencilla.

Fase II: Estudio de la Factibilidad

En esta fase, se consideraron las herramientas requeridas para el análisis de la factibilidad técnica, operativa, económica y social para así cumplir con los objetivos planteados al inicio de este proyecto. Según De Moya R. (2002), “Se refiere a la posibilidad real de la ejecución de la propuesta, en términos del grado de disponibilidad de recursos humanos, infraestructura, económicos...” (P. 15).

Este estudio de factibilidad se realizó para comprobar la importancia y necesidad de la investigación y su impacto social sobre el sector al cual se quiso aplicar.

Factibilidad Técnica:

Este proyecto se consideró técnicamente factible, ya que los requerimientos de hardware y software que se utilizaron, estuvieron disponibles en el mercado nacional, sustituibles y escalables, tecnológicamente suficientes para el logro del diseño y desarrollo del Proyecto propuesto.

Factibilidad Operativa:

La herramienta está dirigida a personas que poseen conocimientos básicos de redes y telecomunicaciones. La misma se desarrolló de tal forma que pueda ser operada fácilmente con solo leer el manual de usuario que se anexa.

Factibilidad Económica:

El hecho de que: (a) se utilizó hardware y software de programación existente en el mercado nacional; (b) la posibilidad real del desarrollo de la herramienta que se

reflejó en el cronograma de actividades; estas actividades estuvieron distribuidas de manera que se pudieran desarrollar sin interferir con las actividades habituales de trabajo del tesista; (c) el software desarrollado, logró el análisis y modelado sin el uso de complicados servidores ni gran cantidad de nodos en red; esto hace posible que la relación costo/tiempo sea relativamente baja, y por consiguiente el desarrollo de la herramienta económicamente factible.

Factibilidad Social:

En cuanto a “un balance social” dentro de la evaluación de factibilidades, tenemos que el recurso humano necesario para el desarrollo del sistema fue el tesista y su tutor; profesionales con el conocimiento para el desarrollo del Proyecto y con facilidad de investigación necesaria para tal fin. El Desarrollo de una herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos, influye directamente en los profesionales del área de computación y telemática que se dediquen a la investigación o dedicados a la administración y planificación de redes o a la docencia, al tratarse de una herramienta que elimina el paradigma de entornos de simulación de elevadas prestaciones desarrollados en plataformas paralelas y multiprocesador.

Fase III: Diseño

Luego del análisis de información en la fase de diagnóstico; y desarrollada la fase de factibilidad en la cual se estudió si la herramienta propuesta era factible técnica, operativa, económica y socialmente, comenzó la fase del diseño.

La herramienta es un software que permite obtener una estimación de la calidad de transmisión de la voz, a través de un modelo que exige ciertos parámetros que la influyen, y el modelado o simulación de las secciones de red y sus elementos. Se muestran los resultados y el sistema emite algunas recomendaciones.

A continuación se especifican los objetivos de esta fase.

Objetivos del Diseño:

- 1) Realizar el cronograma de actividades.

- 2) Recopilar la información relacionada con la convergencia de voz y datos con el fin de conocer las fases por las que podía atravesar el proceso; las limitaciones, sus parámetros y protocolos que influyen en la implantación del servicio; y demás información necesaria para el logro de la comprensión del problema planteado.
- 3) Determinar los procesos con los que se pudiese realizar la medición de los parámetros investigados en el objetivo anterior; y determinar un modelo que permitiera estimar la calidad de la transmisión de la voz en la red basándose en dichos parámetros.
- 4) Diseñar cada uno de los módulos que conforman la herramienta de simulación.
- 5) Diseñar la base de datos que se utiliza para almacenar la información de la simulación.
- 6) Desarrollar la herramienta de simulación con cada uno de sus módulos.
- 7) Evaluar la herramienta ingresando los debidos parámetros, modelar y simular las secciones de red y sus elementos, para producir los cálculos y finalmente, emitir el valor estimado de la calidad de transmisión junto con algunas recomendaciones o conclusiones.
- 8) Desarrollar el manual de usuario.

Una vez descritas cada una de las Fases del Estudio, vemos que se justificó la realización de un Proyecto Factible, el cual nos permite la resolución de la problemática planteada con todos los beneficios que el proyecto brinda tanto a: avances tecnológicos, administradores de redes, profesionales del área, estudiantes de postgrado, y docentes del área en general.

CAPITULO IV

PROPUESTA DEL ESTUDIO

Descripción de la Propuesta

Al lograr el diseño de la herramienta y su posterior programación, se dio cumplimiento a los objetivos dos y tres de la presente investigación. La Herramienta de simulación que permite el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos, está constituida principalmente por un módulo de software el cual posee una pantalla principal donde se tienen siete botones, a saber: Nuevo Modelo, Consultar, Grabar, Eliminar, Imprimir, Acerca De., y Ayuda; con lo que el usuario logrará crear modelos de red para simular cuantas veces desee, y así obtener los resultados traducidos en un nivel de calidad estimado de transmisión de voz, consultarlos e imprimirlos.

Posee varios sub-módulos. El primero hace referencia a los valores fijos que se usa como datos de entrada, y los parámetros cambiantes que el usuario puede introducir. El segundo sub-módulo permite realizar la simulación, donde el usuario dibuja el modelo de red con sus elementos por segmento y se efectúan los cálculos intermedios de retardo que conllevan al retardo de la red. El tercer sub-módulo es donde se calcula el retardo según el códec, y con el retardo de la red, se obtiene el Retardo Medio. Finalmente se dispone del sub-modulo de calidad donde se deducen los diferentes factores que determinan el cálculo del Factor de Transmisión R, se mapea el resultado a MOS y se dan las observaciones y recomendaciones.

A continuación se muestra el diagrama representativo:

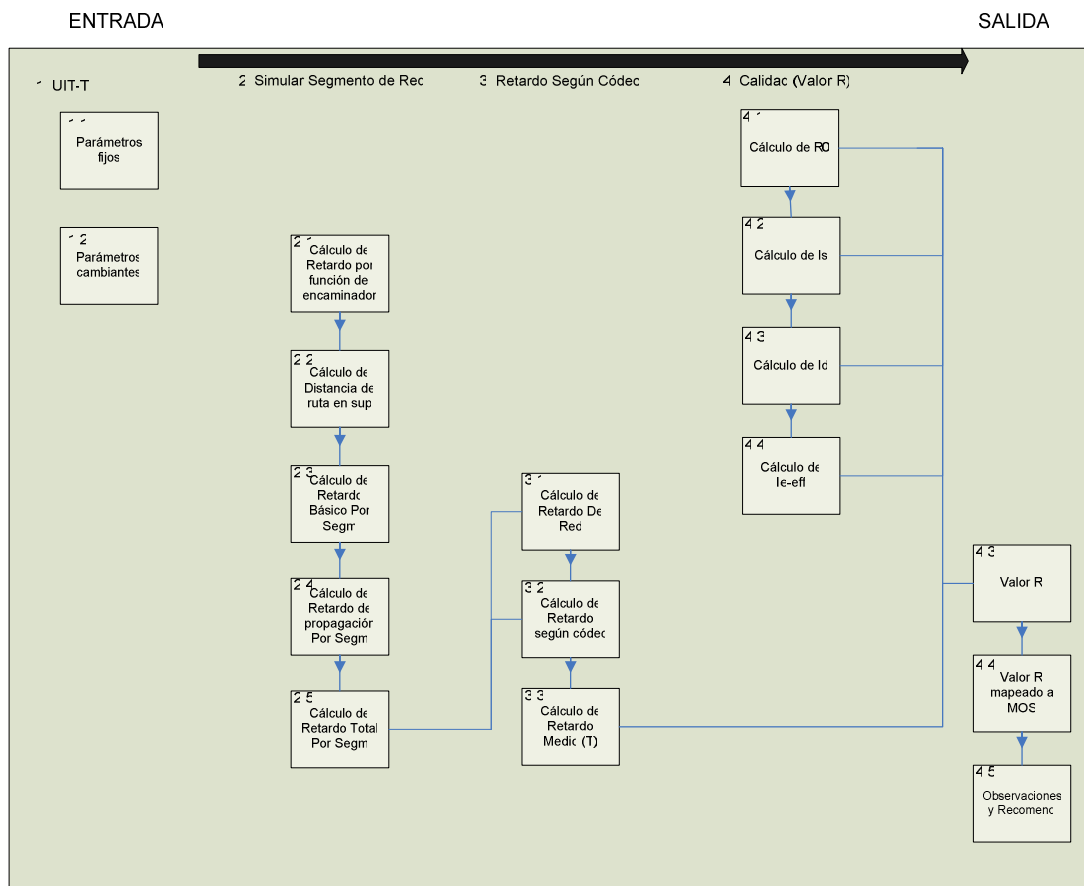


Figura No 08
Diagrama de la Herramienta
Fuente: Bialko (2.007)

Para la *simulación del modelo de red*, el usuario debe ir agregando los elementos de red para formar y agregar todos y cada uno de los segmentos. (Debe para ello, establecer un modelo de red tomando de referencia el trayecto establecido en Y.1541, y establecer su modelo de elementos). Para el cálculo de *Retardo por función del encaminador* se toma en cuenta la cantidad de elementos de ese tipo y se multiplica por el valor de retardo de procesamiento y colas predeterminado (valor típico), aun así, si el usuario tiene el conocimiento, puede variar estos valores predeterminados directamente en la casilla correspondiente. Los valores típicos se pueden visualizar en la tabla número uno (01) de las bases teóricas.

Para el *cálculo de Ruta en superficie*, el usuario debe haber introducido la

distancia total aire del segmento, esta distancia se multiplica por un factor como sigue, según la recomendación Y.1541:

$$\text{Si } D_{km} \geq 1200 \text{ entonces } R_{km} = D_{km} * 1.25$$

$$\text{Si } D_{km} < 1200 \text{ entonces } R_{km} = D_{km} * 1.5$$

Para el cálculo de *Retardo Básico por segmento*, se realiza la suma de todos los retardos por función del encaminador.

El *Retardo de Propagación* se calcula multiplicando la ruta en superficie (R_{km}) por una tolerancia, así:

$$\text{Retardo de Propagación} = R_{km} * 0.005$$

Para el *Retardo del segmento de red* sumamos el Retardo de Propagación mas el Retardo Básico. El *Retardo de Red* es la suma de los retardos de cada segmento. Para el cálculo de *Retardo por paquete o Retardo según el códec* se aplica lo expuesto en las bases teóricas: El retardo mínimo atribuible al procesamiento relacionado con el códec en sistemas IP con múltiples tramas por paquete será:

$$TF(N+1)+TL$$

Donde TF: es el tamaño de trama del códec, N: es el número de tramas de un paquete, y TL: es el tiempo de preanálisis del códec.

Muchos codificadores indagan en la trama subsiguiente para mejorar la eficacia de la compresión. La duración de esa indagación por adelantado se denomina tiempo de preanálisis.

Todo lo calculado anteriormente es útil para determinar el tiempo de *Retardo Medio* (T) el cual es un parámetro clave para calcular el Factor de Transmisión R, este parámetro se calcula sumando el *Retardo de Paquete* mas el *Retardo de Red*.

La siguiente etapa de cálculos es en el sub-módulo de calidad. Como se dijo anteriormente, aquí se deducen los factores que determinan al *Factor de Transmisión* R. El primero de ellos es el **Factor R_0** el cual representa la señal/ruido básica que incluye fuentes de ruido de circuito y ruido ambiente. Está definida por:

$$R_0 = 15 - 1,5(SLR + N_0)$$

El término N_0 (en dBm0p), es la suma de las potencias de diferentes fuentes de ruido:

$$N_0 = 10 \log \left[10^{\frac{N_c}{10}} + 10^{\frac{N_{0s}}{10}} + 10^{\frac{N_{0r}}{10}} + 10^{\frac{N_{f0}}{10}} \right]$$

N_c (en dBm0p), es la suma de todas las potencias de ruido de circuito, referidas al punto de 0 dBr.

N_{0s} (en dBm0p), es el ruido de circuito equivalente en el punto de 0 dBr, producido por el medio ambiente P_s en el lado emisión:

$$N_{0s} = P_s - SLR - D_s - 100 + 0,004(P_s - OLR - D_s - 14)^2$$

Donde $OLR = SLR + RLR$. De igual manera, el ruido ambiente P_r en el lado recepción se transforma en un ruido de circuito equivalente N_{0r} (en dBm0p), en el punto de 0 dBr:

$$N_{0r} = RLR - 121 + P_{re} + 0,008(P_{re} - 35)^2$$

El término P_{re} (en dBm0p), es el “ruido de ambiente efectivo” producido por la amplificación de P_r en el trayecto de efecto local del oyente:

$$P_{re} = P_r + 10 \log \left[1 + 10^{\frac{(10-LSTR)}{10}} \right]$$

N_{f0} (en dBm0p), representa el “nivel de ruido” en el lado recepción,

$$N_{f0} = N_{f0r} + RLR$$

Con N_{f0r} fijado normalmente en -64 dBmp.

El **Factor Is** es el Factor de degradaciones simultáneas (efectos de distorsión, cuantificación). Es la suma de todas las degradaciones que pueden producirse de forma más o menos simultánea con la transmisión de señales vocales:

$$I_s = I_{0lr} + I_{st} + I_q$$

I_{0lr} representa la disminución de calidad producida por valores demasiado bajos de OLR y viene dado por:

$$I_{0lr} = 20 \left[\left\{ 1 + \left(\frac{X_{0lr}}{8} \right)^8 \right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{X_{0lr}}{8} \right]$$

Donde:

$$X_{0lr} = OLR + 0,2(64 + N_0 - RLR)$$

El Factor I_{st} representa la degradación producida por efectos locales no óptimos:

$$I_{st} = 12 \left[1 + \left(\frac{STMR_0 - 13}{6} \right)^8 \right]^{\frac{1}{8}} - 28 \left[1 + \left(\frac{STMR_0 + 1}{19,4} \right)^{35} \right]^{\frac{1}{35}} - 13 \left[1 + \left(\frac{STMR_0 - 3}{33} \right)^{13} \right]^{\frac{1}{13}} + 29$$

Donde:

$$STMR_0 = -10 \log \left[10^{\frac{STMR}{10}} + e^{\frac{T}{4}} + 10^{\frac{TELR}{10}} \right]$$

El Factor de degradación I_q representa la degradación producida por la distorsión de cuantificación:

$$I_q = 15 \log [1 + 10^Y + 10^Z]$$

$$Y = \frac{R_0 - 100}{15} + \frac{46}{8,4} - \frac{G}{9}$$

$$Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{40}$$

$$G = 1,07 + 0,258Q + 0,0602Q^2$$

$$Q = 37 - 15 \log(qdu)$$

Para calcular el **Factor por Retardo I_d** , usamos:

$$I_d = I_{dte} + I_{dte} + I_{dd}$$

El factor I_{dte} expresa una estimación para las degradaciones debidas al eco para el hablante:

Para valores de $T < 1$ ms, $I_{dte} = 0$. de lo contrario:

$$I_{dte} = \left[\frac{R_{0e} - R_e}{2} + \sqrt{\frac{(R_{0e} - R_e)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T})$$

Donde:

$$R_{0e} = -1,5(N_0 - RLR)$$

$$R_e = 80 + 2,5(TELV - 14)$$

$$TERV = TELR - 40 \log \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0.37^2}$$

El Factor I_{dle} representa degradaciones debidas al eco para el oyente. Las ecuaciones son:

$$I_{dle} = \frac{R_0 - R_{le}}{2} + \sqrt{\frac{(R_0 - R_{le})^2}{4} + 169}$$

Donde:

$$R_{le} = 10,5(WEPL + 7)(T_r + 1)^{-0,25}$$

El Factor I_{dd} representa la degradación producida por retardos absolutos demasiado largos T_a , que se producen incluso con compensación perfecta de eco. Entonces, para un $T_a \leq 100$ ms $I_{dd} = 0$; de lo contrario:

$$I_{dd} = 25 \left\{ \left(1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left(1 + \left[\frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\}$$

$$X = \frac{\log \left(\frac{T_a}{100} \right)}{\log 2}$$

Finalmente, para el cálculo del **Factor de degradación efectiva del equipo I_{e-eff}** , se usa la fórmula planteada en las bases teóricas:

$$I_{e-eff} = I_e + (95 - I_e) * \frac{Ppl}{Ppl + Bpl}$$

Una vez obtenidos cada uno de los factores que intervienen, se realiza el cálculo del **Factor de Transmisión R**:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e-eff} + A$$

Luego el resultado es mapeado a MOS según la tabla número seis (06) de las bases teóricas. Por último, el sistema emitirá las conclusiones y recomendaciones tomando en cuenta los resultados antes obtenidos; entre ellas están las siguientes:

Según OLR:

- Si OLR está entre 6 dB y 10 dB: “El valor del índice de sonoridad global en este caso es un valor óptimo”
- Si OLR está entre 11 dB y 19 dB: “El valor del índice de sonoridad global en este caso puede producir señales vocales entre buena y media categoría”
- Si OLR está entre 20 dB y 25 dB: “El valor del índice de sonoridad global en este caso puede producir señales vocales de categoría media”
- Si OLR tiene valores de 0 ó < 0 : “El valor del índice de sonoridad global en este caso no producirá buenas señales de voz. Especialmente se recomienda la investigación para la inserción de atenuación adicional”

Según retardo de red:

- Si T tiene valor ≤ 50 ms: “El valor de retardo de red puede producir una conexión libre de degradaciones”
- Si T está entre 51 y 100ms: “El valor de retardo de red representa el valor óptimo para conexiones de la clase ‘0’ de QoS”
- Si T está entre 100 y 150ms: “El valor de retardo de red puede producir en las conversaciones: una calidad aceptable para la mayoría de los usuarios. Algunos usuarios pueden llegar a notar una ligera duda en la respuesta de la otra persona. Se puede utilizar canceladores de eco”
- Si T está entre 150 y 300ms: “El valor de retardo de red puede producir en las conversaciones: Dificultad para seguir una comunicación. Los usuarios notarán duda en la respuesta de la otra persona. Se recomienda y es necesaria la utilización de canceladores de eco de gran rendimiento”
- Si T está entre 300 y 400ms: “El valor de retardo de red puede producir en las conversaciones: Dificultad para seguir una comunicación. El retardo va a ser obvio entre los integrantes de la conversación y comenzarán a ceder el turno para hablar y así prevenir interrupciones. Es necesaria la utilización de canceladores de eco de gran rendimiento”
- Si T es > 400 ms escribiremos: “El valor de retardo de red puede producir en las conversaciones: Un retardo que va a ser obvio entre los integrantes de la

conversación y comenzarán a ceder el turno para hablar y así prevenir interrupciones. Las dificultades para mantener una conversación interactiva, harán una calidad inaceptable”

Según el códec:

- Si es G.711: “El códec G.711 posee una tasa binaria de (kbps) de 64. Por ello podríamos decir que es ineficiente en cuanto al ahorro de ancho de banda; sin embargo, con su uso se obtiene mejor calidad de voz, ya que PCM no es sensible a errores. Una pérdida de bits representaría una duración muy pequeña”.
- Si es G.723.1: Este es un códec de baja tasa binaria (8 kbps). Esto le dará a su red un ahorro en ancho de banda. Sin embargo, provocará una mayor distorsión y ruido de cuantización.
- Si es G.729A: “Al ser este un códec de baja tasa (6,3 kbps), esto le dará a su red un ahorro en ancho de banda. Sin embargo, provocará una mayor distorsión y ruido de cuantización. Pero con la ventaja de que ofrece prestaciones elevadas en entorno de errores de bits aleatorios”.

Según R:

La calidad de la voz transmitida es subjetiva y depende del oyente. Sin embargo, según los resultados comparados a MOS podemos decir que:

- Si $R \leq 50$ (MOS $\leq 2,6$): Ud obtendrá una calidad de voz inaceptable
- Si $R > 50$ y $R < 70$ (MOS $> 2,6$ y $< 3,6$): Su conexión sufrirá una combinación entre distorsión y alto retardo. Abarcará la categoría de Muchos usuarios insatisfechos, y la de Casi todos los usuarios insatisfechos.
- Si $R = 70$ (MOS = 3,6): Su conexión obtendrá una calidad aceptable.
- Si $R > 70$ y $R < 80$ (MOS $> 3,6$ y $< 4,0$): Su conexión obtendrá una calidad aceptable. Pero podría haber algunos usuarios insatisfechos.
- Si $R \geq 80$ y $R < 90$ (MOS = 4 y $< 4,4$): Su conexión obtendrá una calidad satisfactoria.
- Si $R \geq 90$ (MOS $\geq 4,4$): Felicidades!!!. Su conexión obtendrá una calidad muy satisfactoria. La mejor.

Para la elaboración de la Herramienta se requirió del uso de:

Hardware:

Computadora portátil Averatek

Procesador AMD Athlon

256 RAM

Disco duro 80 GB

Monitor 12.1" TFT

Win XP Home Edition

Software:

Netbeans 5.5.1 (IDE) para programación con java (Previamente se debe instalar el Java Development Kit 6).

MySQL Server 5 y MySQL Tools for 5 (su administrador).

La base de datos fue creada con el nombre “modelared”, la misma posee una tabla llamada “modelo” con tres campos: codmod, desmod y datmod, las cuales manejan respectivamente: código, descripción y datos del modelo.

En el Anexo H se muestra la Jerarquía de Clases del Software de la Herramienta.

CAPITULO V

EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											

Figura No 09
Hoja de Excel para comprobar Modelo E
Fuente: Bialko (2.007)

Como último objetivo de la presente investigación, se planteó evaluar las funcionalidades de la herramienta. Para ello, inicialmente se creó una hoja de Excel la cual fue programada con los valores posibles de entrada y todas las fórmulas necesarias (exceptuando la parte de simulación del modelo de red); para lo cual se realizó la simulación en la herramienta y ese resultado se introdujo directamente en la hoja para así comprobar el procedimiento. En la figura número nueve (09) se puede observar una vista de la hoja de Excel para verificar resultados. Esta hoja se creó en base al “Programa para el cálculo del parámetro calidad de la conexión de voz en España”, expuesto en la tercera referencia de la presente investigación. Allí se utilizó

para la determinación práctica de el o los valores que deberán reportar los operadores en España.

Para iniciar la prueba, se escoge del menú inicial la opción “Nuevo Modelo” y se presiona siguiente, se introducen los parámetros cambiantes (SLR, RLR, tipo de códec, número de tramas de voz a ensamblar); presiona siguiente. Ver figura diez (10). Así estarían configurados ya los parámetros iniciales.

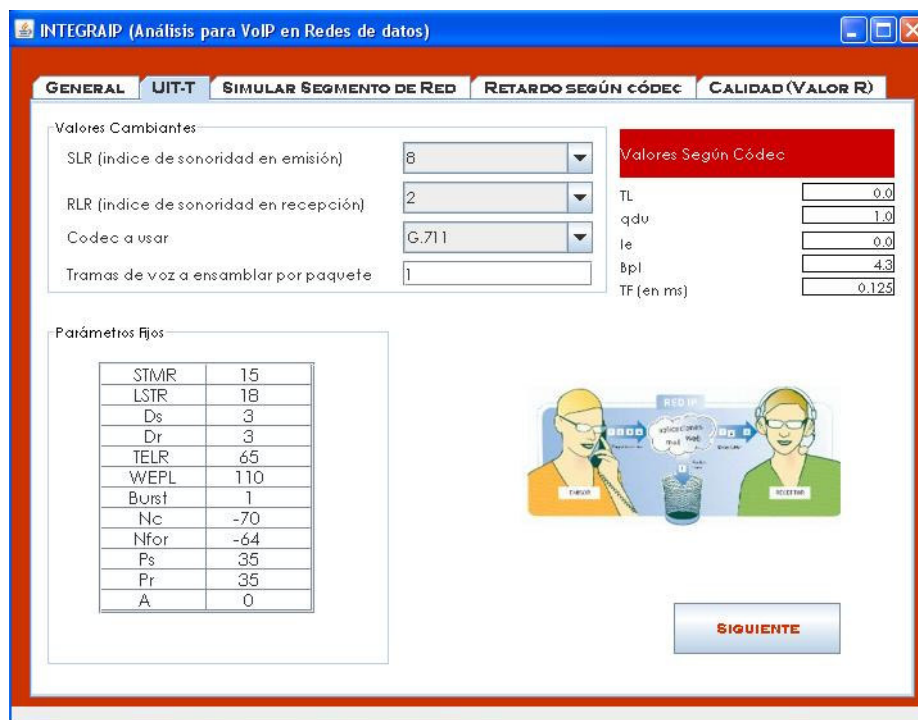


Figura No 10
Configuración de Parámetros
Fuente: Bialko (2.007)

En el siguiente submódulo (UIT-T) se debe agregar un segmento, colocar la distancia aire de dicho segmento y dibujarlo con sus elementos. Puede agregar varios segmentos de red según tenga la red a estudiar. Automáticamente se generan en la misma pantalla los resultados de: distancia de ruta en superficie, retardo de propagación, retardo según la funciones de los elementos (router de núcleo, de distribución...), retardo básico y retardo del segmento. Ver figura once (11).

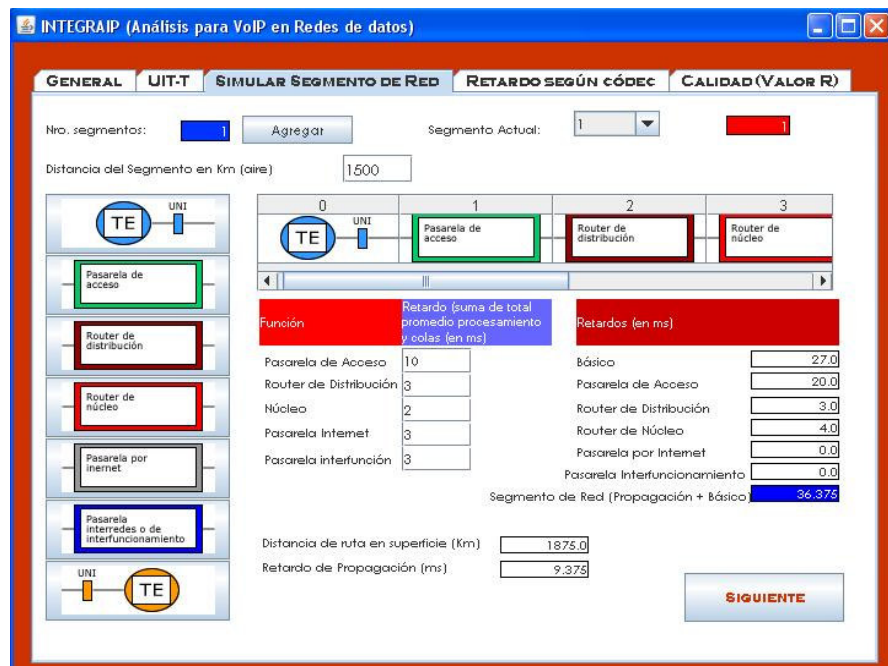


Figura No 11
Simulación de elementos de Red y cálculos intermedios de Retardos
Fuente: Bialko (2.007)

Pulse siguiente y la Herramienta muestra los cálculos de retardo de paquete o según el códec, el retardo de red y el valor de “T” y “Ta”.



Figura No 12
Cálculo de Retardo según Códec
Fuente: Bialko (2.007)

Comparando los resultados hasta ahora con la hoja de Excel se puede observar que van coincidiendo.

Se Pulsa siguiente y entra al sub-módulo de calidad, donde se calculan los factores que intervienen en los cálculos del Factor de Transmisión R. en cada una de las pestañas se observan todos lo cálculos.

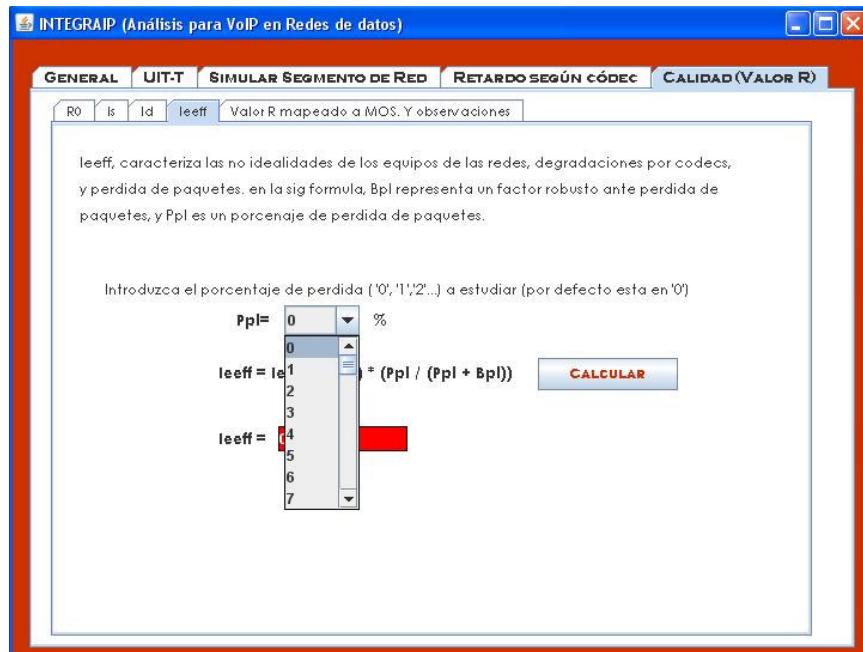


Figura No 13
Estimación de la calidad
Fuente: Bialko (2.007)

En la pestaña de I_{e-eff} , el usuario puede escoger el porcentaje de pérdida de paquetes, es decir, puede estudiar cómo el códec escogido se comportaría frente a un cierto porcentaje de pérdida. Aún teniendo los resultados del valor R, puede ir atrás y cambiar el porcentaje, ver el nuevo valor R, y hacer una relación de comportamiento de dicho códec.

Al pasar a la pestaña del valor R, se puede observar el resultado del Factor de Transmisión, su equivalente en MOS, y las observaciones y conclusiones según el códec usado, según OLR, según retardo de red y según el valor R en sí.

En este caso se observa que para un resultado de Valor R igual a 92.08, le corresponde un equivalente MOS de 4,38 lo cual da como conclusión que la conexión estudiada obtendría una calidad muy satisfactoria. Así mismo, como se explicó en párrafos anteriores, el sistema ofrece observaciones según resultados de los

parámetros: OLR, Retardo de Red y según el Códec. Ver figura número catorce (14).

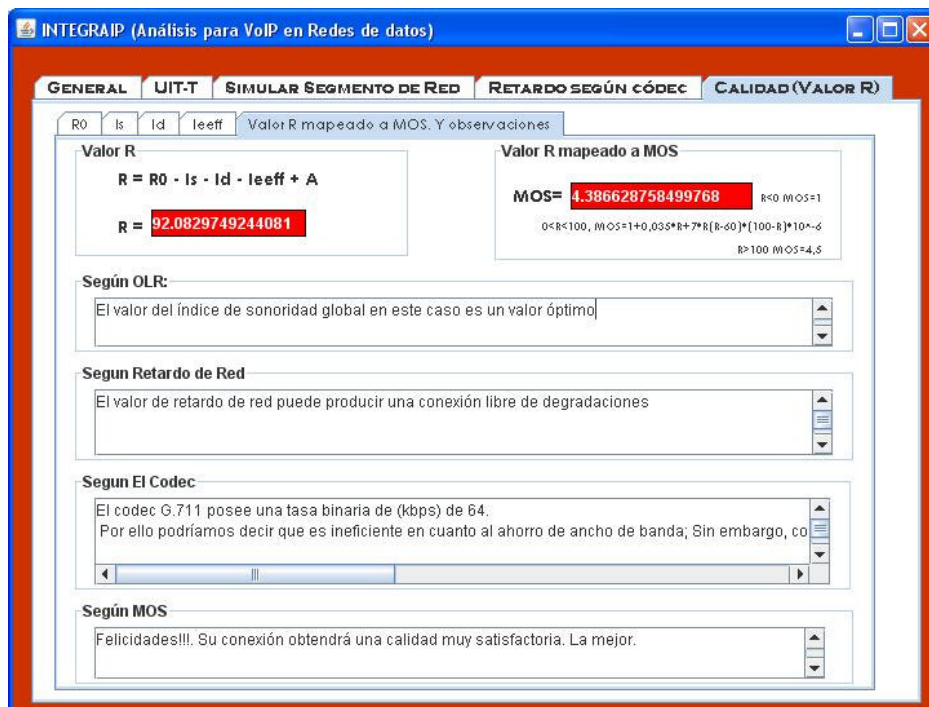


Figura No 14
Estimación de la calidad. Resultados
Fuente: Bialko (2.007)

Una vez realizada la prueba, se pudo observar que se obtiene la estimación de calidad de transmisión para la red estudiada. Según los parámetros introducidos, los fijos y la simulación del modelo de red, se obtuvo primeramente los valores de retardo del segmento, de la red y retardo según el códec. Se observó que los parámetros de entrada $SLR = 8$, $RLR = 2$ producen un valor óptimo “10” del parámetro OLR. El códec G.711 con una trama a ensamblar son valores que no ejercen mucha distorsión ni retardo en la transmisión.

Los valores obtenidos en el último sub-módulo que representa la calidad de la transmisión, se pueden comparar con los obtenidos en la hoja de Excel (la cual está basada en la utilizada en el programa mencionado en párrafos anteriores). En dicha hoja se consiguieron los valores siguientes: para $R_0=94,7688$, $I_s=1,41$, $I_d=1,272$, $I_{e_{eff}}=0$, Valor de Transmisión $R=92,08$, y su equivalente a $MOS=4,387$. Comparándolos con los resultados de la Herramienta son exactos.

La herramienta emite perfectamente, de manera informativa, ciertas observaciones y recomendaciones a seguir según el caso, para orientar al usuario acerca de lo que obtuvo en su simulación.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación cumplió cabalmente con cada uno de los objetivos propuestos al inicio de la misma. Se logró dar solución a la problemática planteada a través del diseño y desarrollo de esta herramienta, la cual tuvo como objetivo general desarrollar una Herramienta de simulación que permita el análisis de la incorporación de VoIP en una red de datos. Tomando en cuenta los resultados obtenidos se puede decir que:

1. Se desarrollaron satisfactoriamente cada una de las fases necesarias para culminarla. Se desarrolló un diagnóstico de la problemática planteada a través de los diferentes recursos utilizados (humanos, bibliográficos, tecnológicos), de su ámbito, usuarios y necesidades. Se realizó el estudio de factibilidad técnica, operativa, económica y social que permitiera revelar su importancia, necesidad e impacto. Luego de todo el análisis, se realizó el diseño y posterior desarrollo del software de la herramienta para finalmente evaluar su funcionalidad.
2. Muestra al usuario parámetros establecidos por la UIT-T, y en forma flexible, le permite configurar algunos parámetros de suma importancia para generar los cálculos de factores que influyen en la obtención del resultado.
3. Permite generar la simulación de un modelo de red con cada uno de sus elementos, y desarrolla automáticamente, los cálculos de Retardo de cada segmento de red, retardo según el códec, de la red total, y por ende, del retardo medio.

4. Permite fácilmente cambiar los valores de retardo típico según la función de los elementos de red.
5. Con la simulación y generación automática de los cálculos mencionados, Permite al usuario obtener una estimación de la calidad de transmisión de voz en una red de datos.
6. Concluida la simulación y posterior obtención de los cálculos mencionados, automáticamente genera los valores de los factores que intervienen en la deducción del Factor de Transmisión R y su resultado en sí.
7. La herramienta emite de manera informativa, observaciones y recomendaciones que el usuario necesita conocer para el logro satisfactorio de su análisis.
8. Al lograr el desarrollo de esta herramienta, puede nacer una nueva línea de investigación a nivel de la maestría de ciencias de la computación mención redes de computadoras.

Recomendaciones

Se puede mejorar la herramienta agregando una opción de incluir el cálculo de retardo medio, medido en forma real con cualquier otra herramienta.

Se podría estudiar el resto de casos para determinar retardo IP de la recomendación de la UIT-T Y.1542.

Aumentar los modelos de códecs a escoger como parámetro.

Agregar estudio del dimensionamiento del ancho de banda de voz.

Agregar en las observaciones finales, las recomendaciones según el resultado del estudio de porcentaje pérdida de paquetes.

También se recomienda investigar acerca de incluir en la herramienta, la existencia en la red de una conexión a RTPC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3com. **Servicio de Preparación para Voz de 3com®.** URL: <http://webassets.3com.com/pdfs/prod/es/WEBCS03CSVRS.pdf> (Consulta: Junio 01, 2.006).

Arias, P. (2005). **Redes de Voz sobre IP.** Trabajo Integrador. Postgrado en Gestión de Telecomunicaciones. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina. URL: <http://www.itba.edu.ar/capis/epg-tesis-y-tf/arias-trabajofinaldeespecialidad.pdf> (Consulta: Septiembre 29, 2.006).

Comisión para el seguimiento de la calidad en la prestación de los servicios de Telecomunicaciones (2.007). **Guía para la medición del parámetro de calidad de la conexión de voz.** URL: <http://www.mityc.es/NR/rdonlyres/4335C649-D079-4131-A533-2FEDEDF0F723/0/02CSdeCalGT105v1.pdf> (Consulta: Enero 18, 2.007).

De Moya R. (2.002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación.** Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. URL: <http://www.redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/410/41030203.pdf> (Consulta: Enero 15, 2.007).

Estepa R. (2.002). **Contribuciones al Soporte de Calidad en redes de Voz sobre IP.** Área de Ingeniería Telemática. Departamento de Sistemas y Automática. Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros. España. URL: http://fondosdigitales.us.es/thesis/thesis_view?oid=122 (Consulta: Enero 18, 2.007).

Fernández A., Carrera E., Alonso J. (2.006). **Análisis del impacto del traspaso entre celdas en redes convergentes sobre la calidad de la voz.** Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Ciudad Universitaria. Madrid. España. URL: http://www.telecom-id.com/trabajosdefinitivos2006/Programa_archivos/pdf/97.pdf (Consulta: Enero 18, 2.007).

Fernández J., Jodra J., Partearroyo R. (2.006). **Sistema de medida de la calidad de Voz sobre IP.** URL: http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos_oviedo_2006/articulos/sesionTEL-I-13small.pdf (Consulta: Enero 18, 2.007).

Huidobro, J. y Roldán D. 2003. Integración de Voz y Datos. McGraw-Hill. España.

Jonassen D. (2.006). **Computadores como herramientas de la mente**. Eduteka. URL: http://www.eduteka.org/tema_mes.php3?temaID=0012 (Consulta: Septiembre 23, 2.006).

Matute L. (2.006). **Diseño de una Herramienta Gráfica para simular el tránsito de paquetes IP a través de los dispositivos de una Red LAN**. Trabajo para optar al grado de Magíster Scientiarum en Ciencias de la Computación Mención Redes de Computadoras. UCLA. Venezuela.

Moreno D. (2.003). **Medios de Comunicación en la Globalización**. Universidad de Viña del Mar. Chile. URL: http://www.uvm.cl/sitio_iri/docs/MEDIOS%20DE%20COMUNICACION%20D3N%20DEN%20LA%20GLOBALIZACION%20DE%20DELIA%20ACU%20DIA.pdf (Consulta: Enero 18, 2.007).

OPNET (2.004). **Opnet: Manual de Usuario**. URL: http://www.opnet.com/services/university/OPNET_Modeler_Manual.pdf (Consulta: Julio 12, 2.006).

Pomares A., Ruiz G., Pastor C., Galotto M., Orza J., Marhuenda M., Alcarazp S. (2.001). **Simulación de redes complejas mediante procesos concurrentes**. URL: <http://www.unizar.es/aeipro/finder/INFORMATICA,TELECOMUNICACIONES/FF04.htm> (Consulta: Junio 01, 2.006).

UIT-T. (1.999). Recomendación G.108. **Aplicación del Modelo E: Directrices para la planificación**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.108/es> (Consulta: Junio 01, 2.006).

UIT-T. (2.001). Recomendación G.113. **Degradaciones de la transmisión debido al tratamiento de las señales vocales**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.113/es> (Consulta: Junio 01, 2.006).

UIT-T. (2.002). Recomendación G.826. **Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.826/es> (Consulta: Junio 02, 2.006).

UIT-T. (2.003). Recomendación G.114. **Tiempo de transmisión en un sentido**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/es> (Consulta: Junio 01, 2.006).

UIT-T. (2.003). Recomendación G.1020. **Definición de parámetros de calidad de funcionamiento para aplicaciones de voz y otras aplicaciones en la banda vocal que utilizan redes del protocolo Internet**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1020/es> (Consulta: Junio 02, 2.006).

UIT-T. (2.004). Recomendación G.108. **Enmienda 2. Nuevo Apéndice II. Ejemplos de Planificación relativos al retardo en las redes basadas en paquetes**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.108/es> (Consulta: Junio 01, 2.006).

UIT-T. (2.005). Recomendación G.107. **El Modelo E. Un modelo Informático para utilización en Planificación de la transmisión**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.107/es> (Consulta: Junio 01, 2.006).

UIT-T. (2.006). Recomendación Y.1541. **Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541/es> (Consulta: Junio 02, 2.006).

UIT-T. (2.006). Recomendación Y.1542. **Marco para alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento de IP de extremo a extremo**. URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1542/es> (Consulta: Junio 02, 2.006).

Vera I. (2.005). **Simulación de redes de computadoras aplicado a docencia**. URL: <http://nsl.csie.nctu.edu.tw/NCTUReferences/memoria.pdf> (Consulta: Junio 01, 2.006).

VoIP-Voz sobre IP. URL: <http://www.monografias.com/trabajos3/voip/voip.shtml>. (Consulta: Septiembre 23, 2.006).

ANEXO A
MANUAL DE USUARIO
HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN QUE PERMITA EL ANÁLISIS DE
INCORPORACIÓN DE VoIP EN UNA RED DE DATOS
(INTEGRAIP)

A continuación se presenta una breve explicación para el uso del software de la herramienta de simulación que permita el análisis de incorporación de VoIP en una red de datos.



Figura No 15
Pantalla Principal de la Herramienta
Fuente: Bialko (2.007)

La figura número quince (15) muestra la pantalla principal de la Herramienta (INTEGRAIP). Consta de siete opciones: Nuevo Modelo, Consultar, Grabar, Eliminar, Imprimir, Acerca De.. y Ayuda. Las opciones son botones que se activan al hacer clic sobre ellas.

La opción Nuevo Modelo permite crear un nuevo modelo y realizar su análisis.

La opción Consultar despliega un cuadro de diálogo donde se muestran los

modelos grabados de análisis anteriores.

La Opción Grabar despliega un cuadro de diálogo que permite almacenar el análisis que se acaba de realizar.

El botón Eliminar, elimina el modelo que ha sido consultado en ese momento.

La opción Imprimir permite imprimir el modelo consultado y activo en ese momento. Para poder imprimir debe haber guardado previamente.

Se tiene un botón de Acerca De., el cual muestra los datos de la herramienta: nombre, software y versión con que fue realizado.

La última opción le ofrece al usuario una ayuda acerca de cómo utilizar la herramienta en caso de duda en algún procedimiento.

Al activar la opción Nuevo Modelo, se despliega la pestaña UIT-T. Ver figura número dieciséis (16).

The screenshot shows the 'UIT-T' tab of the INTEGRAIP software. The window title is 'INTEGRAIP (Análisis para VoIP en Redes de datos)'. The interface is divided into several sections:

- Valores Cambiantes:** Contains four dropdown menus: 'SLR (índice de sonoridad en emisión)' set to 8, 'RLR (índice de sonoridad en recepción)' set to 2, 'Codec a usar' set to 'G.711', and 'Tramas de voz a ensamblar por paquete' set to 1.
- Valores Según Códec:** A table showing values for different codecs: TL (0.0), qdu (1.0), le (0.0), bpl (4.3), and TF (en ms) (0.125).
- Parámetros Fijos:** A table listing fixed parameters and their values: STMR (15), LSTR (18), Ds (3), Dr (3), TELR (65), WEPL (110), Burst (1), Nc (-70), Nfor (-64), Ps (35), Pr (35), and A (0).
- Diagrama:** A central illustration showing two people in a call center environment with a network diagram between them.
- Botón:** A 'SIGUIENTE' button is located at the bottom right of the main content area.

Figura No 16
Entrada de Parámetros
Fuente: Bialko (2.007)

Aquí se pueden visualizar los parámetros que permanecen fijos. En los valores cambiantes de parámetros debe seleccionar de la lista que se encuentra a la derecha del parámetro, por ejemplo, en SLR despliegue la lista y selecciones el valor que puede oscilar entre 0 y 18 dB. Así mismo, seleccione los valores para los parámetros

RLR, el códec a usar, y cuántas tramas de voz a ensamblar en un paquete IP (según recomendación de la UIT-T, se ensamblan como máximo dos tramas en G.723.1, y seis tramas en G.729A). En el extremo derecho de la pantalla, puede observar ciertos parámetros que cambian según el códec escogido para realizar el análisis.

Presione siguiente y pasamos a la pestaña Simular Segmento de Red, como se puede observar en la siguiente figura.

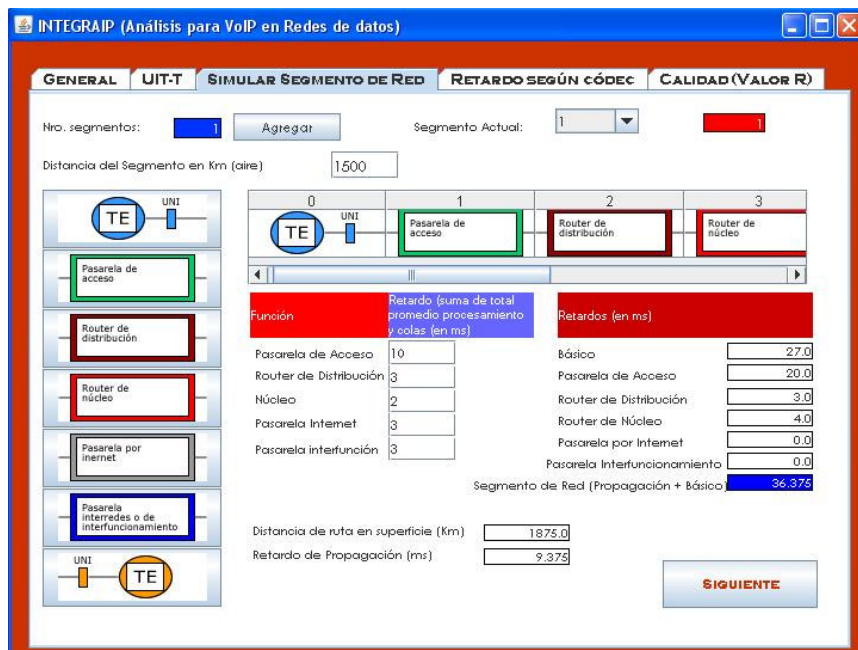


Figura No 17
Simulación del modelo de red
Fuente: Bialko (2.007)

En esta sección, debe pulsar el botón Agregar, escriba la distancia aire en km del segmento de red que actualmente está simulando y presione Enter. Presione en orden, cada uno de los botones que representan a los elementos de red para así conformar el segmento. Lo puede visualizar en el dibujo.

Una vez que ha hecho esto, automáticamente se generan los cálculos de retardo. Puede verificar en el cuadro Función los retardos de procesamiento y colas según la función del elemento. Si es de su conocimiento que su red posea otros valores de retardo de procesamiento y colas, puede situarse con el ratón sobre el cuadro de texto y cambiarlo, presione Enter y se realizan los cálculos automáticamente.

Si posee su red mas segmentos, presione el botón Agregar y realice el mismo procedimiento. Una vez culminados todos los segmentos, puede visualizar cada uno seleccionando de la lista desplegable llamada Segmento Actual. Presione siguiente.

Al presionar siguiente pasa a la pestaña denominada Retardo Según Códec. Ver figura dieciocho (18). Aquí puede visualizar los cálculos de retardo según el códec usado, retardo de red, retardo medio en un sentido, y retardo medio de ida y vuelta. Presione siguiente.



Figura No 18
Retardo de paquete o según códec. Retardo medio
Fuente: Bialko (2.007)

La siguiente pestaña lleva a la última sección, Calidad (Valor R). Esta sección posee varias pestañas. La primera muestra los resultados de la señal/ruido básica R_0 y cada uno de los factores que influyen en su cálculo. En la figura número diecinueve (19) se observa que en el ejemplo dio un valor de $R_0=94,768$.

La segunda pestaña corresponde al factor I_s , el cual representa la suma de todas las degradaciones que pueden producirse de forma más o menos simultánea con la transmisión de señales vocales. Ver figura número veinte (20). Igual que en el caso anterior y el posterior I_d , puede observar los cálculos de diversos factores que intervienen para determinar su valor.

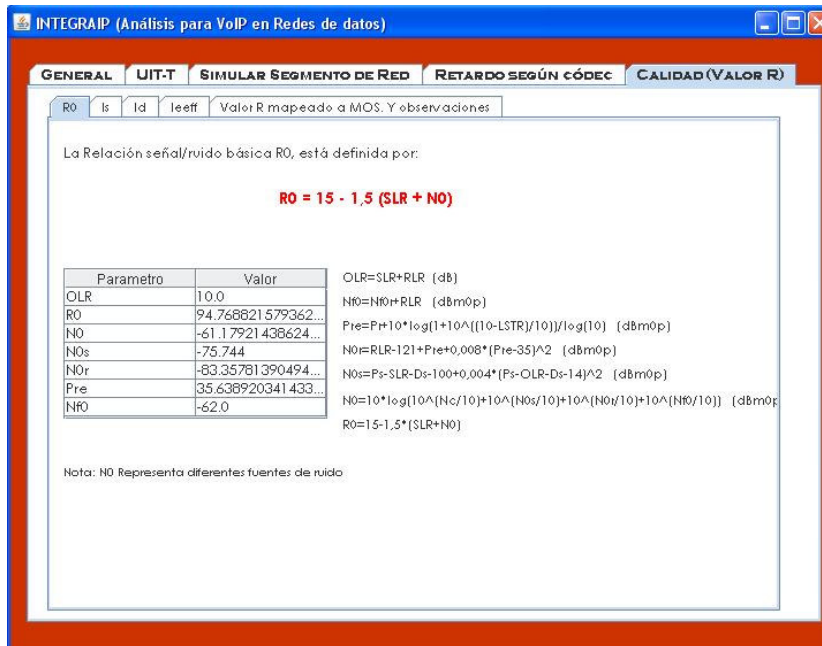


Figura No 19
Calidad (Valor R). Cálculo de R₀
Fuente: Bialko (2.007)

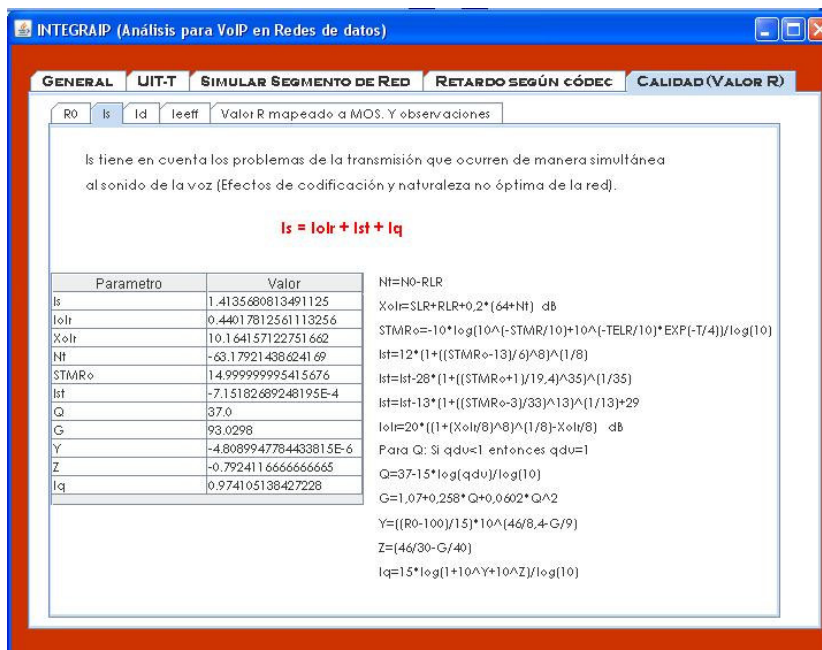


Figura No 20
Calidad (Valor R). Cálculo de I_s
Fuente: Bialko (2.007)

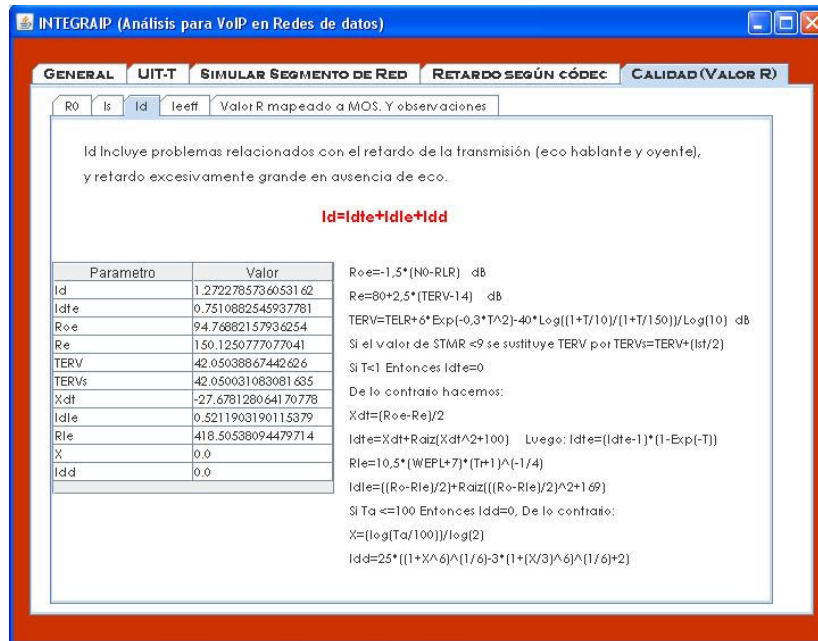


Figura No 21
Calidad (Valor R). Cálculo de I_d
Fuente: Bialko (2.007)

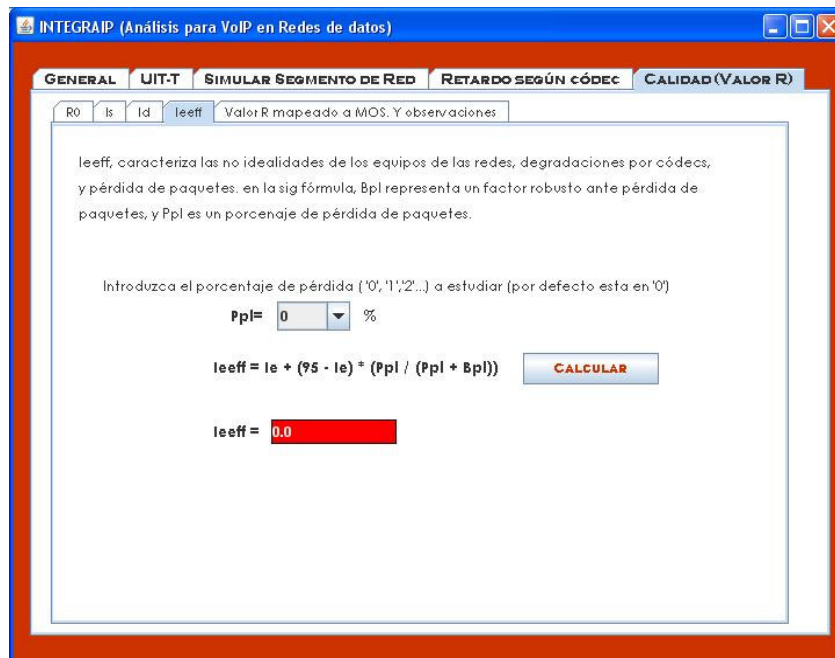


Figura No 22
Calidad (Valor R). Cálculo de I_{e-eff}
Fuente: Bialko (2.007)

La figura número veintidós (22), muestra el cálculo del factor I_{e-eff} . Elija en la lista desplegable el porcentaje de pérdida que desea estudiar ('0', '1', '2'...). Si no se elige, el sistema automáticamente toma en cuenta un porcentaje de pérdida = '0'. Presione Calcular.

Se puede estudiar varios porcentajes de pérdida y así analizar el comportamiento del códec.

Pase a la siguiente pestaña. Allí observará finalmente el resultado de la estimación de la calidad de transmisión para la red analizada.

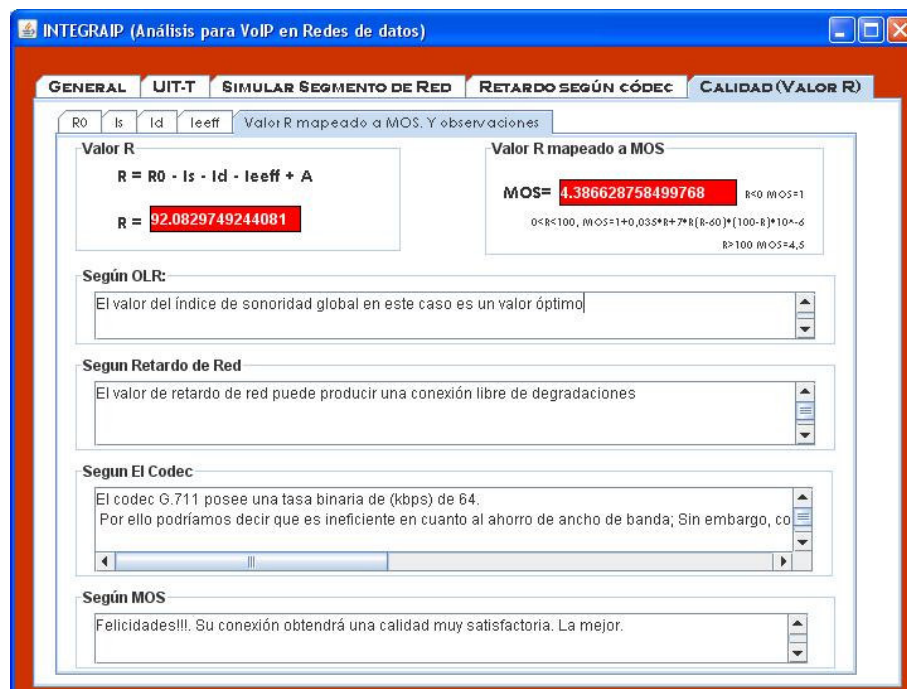


Figura No 23
Calidad (Valor R). Resultados
Fuente: Bialko (2.007)

A la izquierda de la figura número veintitrés (23) puede ver el resultado del Valor R = 92,08, y a la derecha se muestra su equivalente en la tabla MOS = 4,386.

ANEXO B

Valores de unidades de distorsión (qdu)

Proceso MIC	Unidades de distorsión de cuantificación (qdu)	Notas
Par códec MIC de 8 bits (según UIT-T G.711, ley A o ley μ)	1	(2, 3)
Par transmúltiplexor basado en MIC de 8 bits, ley A o ley μ (según UIT-T G.792)	1	(3)
Atenuador digital (ley A o ley μ)	0,7	(4)
Convertidor ley A/ μ o ley μ /A (según UIT-T G.711)	0,5	(5)
Conversión en cascada ley A/ μ /A	0,5	
Conversión en cascada ley μ /A/ μ	0,25	
Compensadores de eco digitales (UIT-T G.168)	0,7	(6)
<p>NOTA 1 – Como observación general, el número de unidades de distorsión de cuantificación indicado para los procesos digitales corresponde al valor obtenido para una señal gaussiana con un nivel medio de unos -20 dBm0 (véase UIT-T de la serie G – suplemento 21 [2]).</p> <p>NOTA 2 – Por definición.</p> <p>NOTA 3 – Para la planificación general, se puede asignar la mitad del valor indicado a las partes emisora o receptora.</p> <p>NOTA 4 – La degradación indicada es aproximadamente la misma para todos los valores de atenuación digital comprendidos en una gama de 1 a 8 dB. Una excepción la constituye el atenuador ley A de 6 dB que introduce una degradación despreciable para señales de hasta unos -30 dBm0, considerándose por tanto que contribuye con 0 unidades de distorsión de cuantificación.</p> <p>NOTA 5 – Las contribuciones a las qdu de los convertidores de ley de codificación (por ejemplo, ley μ a ley A) se asignan a la parte internacional.</p> <p>NOTA 6 – La asignación de un determinado valor para el factor de degradación de equipo, I_e, para compensadores de eco digitales queda en estudio.</p> <p>NOTA 7 – Las asignaciones de qdu a esos procesos digitales reflejan, en la medida de lo posible, únicamente el efecto de la distorsión de cuantificación sobre la calidad de las señales vocales. Otras degradaciones, como el ruido de circuito, el eco y la distorsión de atenuación, afectan también a la calidad de las señales vocales. Por consiguiente, este proceso de planificación deberá tener en cuenta el efecto de esas otras degradaciones.</p> <p>NOTA 8 – Las degradaciones de qdu indicadas en este cuadro se han calculado suponiendo que la tasa de bits erróneos es despreciable.</p>		

Se debe señalar que los códecs de velocidad binaria baja y MICDA a 32 kbit/s no estarán caracterizados por qdu sino por el factor de degradación de equipo, I_e (véase la cláusula 5).

ANEXO C

Valores de I_e para los diferentes códecs

Tipo de códec	Referencia	Velocidad de operación (kbit/s)	Valor de I_e
MIC (nota)	G.711	64	0
MICDA	G.726, G.727	40	2
	G.721(1988), G.726, G.727	32	7
	G.726, G.727	24	25
	G.726, G.727	16	50
LD-CELP	G.728	16	7
		12,8	20
CS-ACELP	G.729	8	10
	G.729-A + VAD	8	11
VSELP	IS-54	8	20
ACELP	IS-641	7,4	10
QCELP	IS-96a	8	21
RCELP	IS-127	8	6
VSELP	PDC japonés	6,7	24
RPE-LTP	GSM 06.10, velocidad plena	13	20
VSELP	GSM 06.20, velocidad media	5,6	23
ACELP	GSM 06.60, velocidad plena mejorada	12,2	5
ACELP	G.723.1	5,3	19
MP-MLQ	G.723.1	6,3	15

NOTA – Para cada proceso MIC es necesario que el número de unidades de distorsión de cuantificación, q_{du} (que debe ser determinado conforme al cuadro 1) se ha considerado como parámetro de entrada separado al modelo E.

ANEXO D
Valores de Bpl para cada códec

Códec	Tamaño del paquete	Tipo de PLC	<i>Ie</i>	<i>Bpl</i>
G.723.1+VAD	30 ms	Nativo	15	16,1
G.729A+VAD	20 ms (2 tramas)	Nativo	11	19,0
GSM-EFR	20 ms (?)	Nativo (?)	5	10,0
G.711	10 ms	Ninguno	0	4,3
G.711	10 ms	Apéndice I de [UIT-T G.711]	0	25,1

ANEXO E

Trayecto de Referencia UNI a UNI de Y.1541 con las funciones de los nodos IP

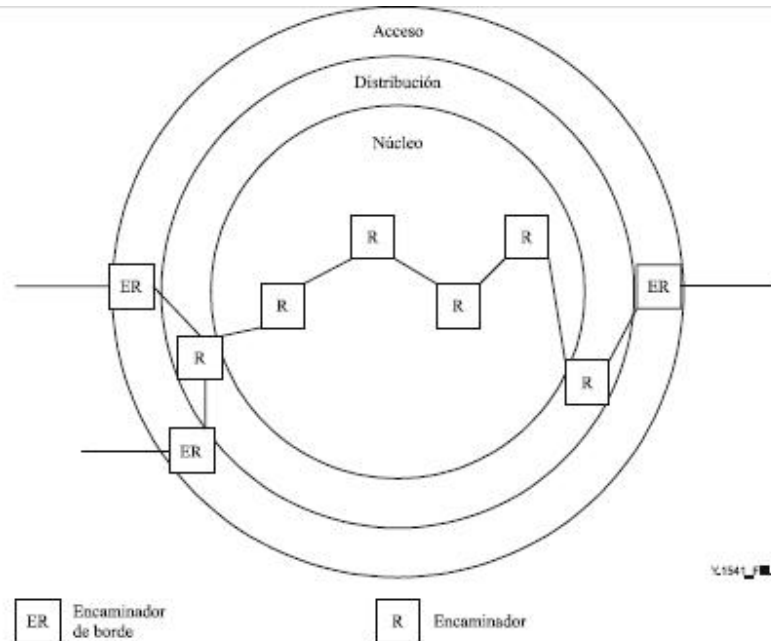


Figura III.1/Y.1541 – Función de los nodos IP en una sección de red

Obsérvese que se necesitan uno o más encaminadores para completar cada función, y el trayecto central (Núcleo) ilustrado tiene cuatro encaminadores en cascada. Un trayecto a través de una NS puede encontrar como mínimo tres encaminadores, o como máximo ocho en este ejemplo.

La contribución de los encaminadores a los distintos parámetros puede variar de acuerdo a su función. Los encaminadores de borde desempeñan por lo general una o dos funciones, bien sea como encaminadores de pasarela de acceso o como encaminadores de pasarela de interfuncionamiento.

Cuadro III.1/Y.1541 – Ejemplos de contribución de retardo convencional por la función del encaminador

Función	Retardo total promedio (suma de colas y procesamientos)	Variación de retardo
Pasarela de acceso	10 ms	16 ms
Pasarela de interfuncionamiento	3 ms	3 ms
Distribución	3 ms	3 ms
Núcleo	2 ms	3 ms

ANEXO F

Ejemplo del caso de Referencia estática de Y.1542

Ejemplo detallado del caso de atribución de referencia estática

El caso de atribución de referencia estática utiliza los pasos siguientes para determinar el tiempo de retardo IP.

- i) Establecimiento del modelo de sección de red de interconexión (por ejemplo, trayecto de referencia UNI-a-UNI Y.1541).
- ii) Establecimiento del modelo de elementos de red para cada sección de red (véase la figura II.1).
- iii) Cálculo del retardo de propagación para cada distancia de sección de red (utiliza los factores de escala de las distancias por la superficie y por el aire de la Rec. UIT-T G.826).
- iv) Cálculo del retardo de procesamiento y de colas de cada sección de red utilizando modelos de elemento de red y tiempos de retardo por elemento. El cuadro I/Y.1541 del apéndice III indica este cálculo.
- v) Resta de la suma de los retardos de propagación (paso iii) del objetivo de retardo Y.1541. Este valor es el margen de retardo.
- vi) División del retardo de procesamiento y de colas de cada sección de red (paso iv) mediante la suma de todos los retardos de procesamiento y de colas de cada sección. Así se obtiene la fracción promediada del retardo de procesamiento y de colas que se asigna a cada sección. Se multiplica esta fracción por el margen de retardo total (paso v) para obtener el margen de retardo promediado para cada sección.
- vii) El tiempo de retardo atribuido a cada sección de red es la suma de su retardo de propagación (paso iii) y su fracción promediada del margen de retardo (paso vi).

La figura II.1 es un ejemplo de cada modelo de elemento de red y el cuadro II.1 proporciona la contribución de retardo típica por cometido de encaminador. Estos modelos y valores deberían ser coherentes con Y.1541.

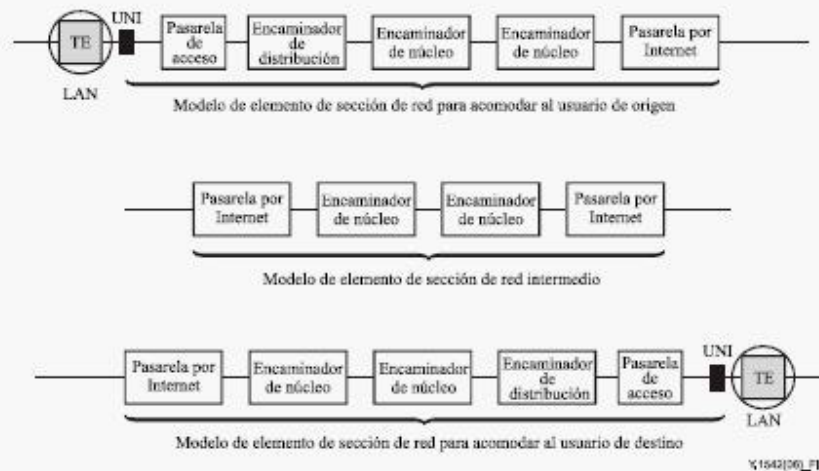


Figura II.1/Y.1542 – Ejemplo de modelo de elemento de red para cada sección de red

ANEXO G

Ejemplo de cálculo del Modelo E

Cuadro B.7/G.108 – Ejemplo de cálculos del modelo E para telefonía IP

Códec	Factor de degradación de equipo (Ie)	Número de tramas/ paquete	Retardo de paquete (ms)	Retardo de red (ms)	Retardo medio en un sentido de extremo a extremo (ms)	Índice R del modelo E
G.711 (RTPC)	0	No disponible	No disponible	50	50	92,7
G.723.1 (5.3)	19	1	67,5	50	117,5	72,3
G.723.1 (5.3)	19	2	97,5	50	147,5	71,6
G.723.1 (6.3)	15	1	67,5	50	117,5	76,3
G.723.1 (6.3)	15	2	97,5	50	147,5	75,6
G.729A	11	1	25	50	75	81,1
G.729A	11	2	35	50	85	80,9
G.729A	11	3	45	50	95	80,7
G.729A	11	4	55	50	105	80,5
G.729A	11	5	65	50	115	80,3
G.729A	11	6	75	50	125	80,1

NOTA – Los factores de degradación de equipo (Ie) de los códecs G.723.1 y G.729A son para códec con detección de actividad vocal activada. Los detalles relativos a los valores del retardo, figuran en el texto.

ANEXO H

Jerarquía de Clases del Software de la Herramienta

- java.lang.Object
 - javax.swing.table.AbstractTableModel (implements java.io.Serializable, javax.swing.table.TableModel)
 - modelared.[clsModeloGrid](#)
 - modelared.[clsBD](#)
 - modelared.[clsIconos](#)
 - modelared.[clsItemCombo](#)
 - modelared.[clsMsgBox](#)
 - modelared.[clsParametrosFijos](#) (implements java.io.Serializable)
 - modelared.[clsPlanner](#) (implements java.io.Serializable)
 - modelared.[clsPrint](#) (implements java.awt.print.Printable)
 - modelared.[clsSegmento](#) (implements java.io.Serializable)
 - modelared.[clsSegmentos](#) (implements java.io.Serializable)
 - modelared.[clsUtilidades](#) (implements java.io.Serializable)
 - java.awt.Component (implements java.awt.image.ImageObserver, java.awt.MenuContainer, java.io.Serializable)
 - java.awt.Container
 - javax.swing.JComponent (implements java.io.Serializable)
 - javax.swing.JPanel (implements javax.accessibility.Accessible)
 - modelared.[clsPanelReporte](#)
 - java.awt.Window (implements javax.accessibility.Accessible)
 - java.awt.Dialog
 - javax.swing.JDialog (implements javax.accessibility.Accessible, javax.swing.RootPaneContainer, javax.swing.WindowConstants)
 - modelared.[frmAcercaDe](#)
 - modelared.[frmAyuda](#)
 - modelared.[frmLeerNombreModelo](#)
 - modelared.[frmSeleccionarModelo](#)
 - java.awt.Frame (implements java.awt.MenuContainer)
 - javax.swing.JFrame (implements javax.accessibility.Accessible, javax.swing.RootPaneContainer, javax.swing.WindowConstants)
 - modelared.[clsReporte](#) (implements java.awt.event.ActionListener)
 - modelared.[frmModelar](#)
 - modelared.[Main](#)